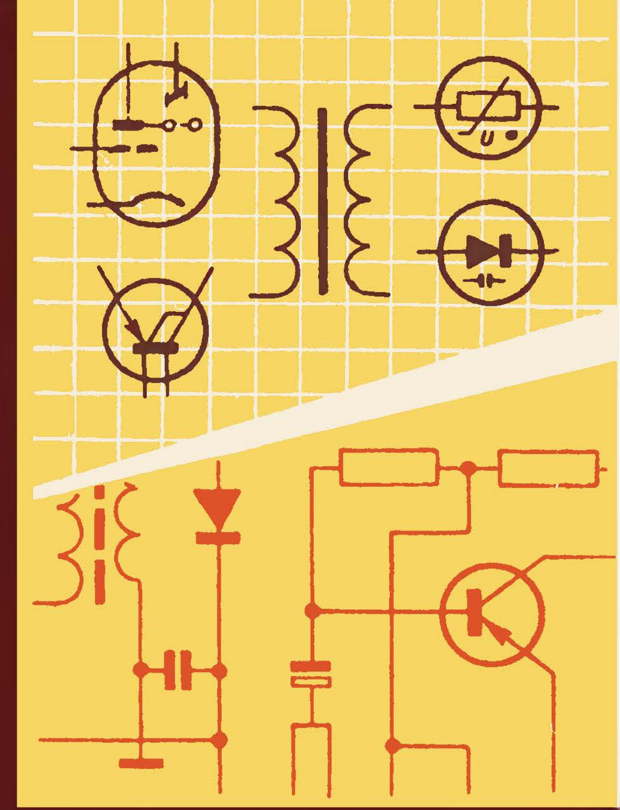




М. А. ЗГУТ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ и РАДИОСХЕМЫ

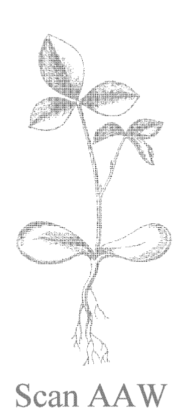


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 557

М. А. ЗГУТ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И РАДИОСХЕМЫ





ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.37/39
З11

В книге рассказывается о том, откуда произошли символы, употребляемые в радиосхемах, что означают эти символы и как читать схемы, составленные из них.

Она рассчитана на людей, только еще знакомящихся с радиотехникой. В связи с этим для ряда радиодеталей дано краткое объяснение принципа их работы.

Вместе с тем книга может представить интерес и для профессиональных радиотехников, поскольку в ней отражены материалы ГОСТ на условные графические обозначения для электрических схем, введенного в действие с 1 июня 1963 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Виды радиосхем 6
Условные обозначения на блок-схемах 11
Условные обозначения на принципиальных схемах 16
Соединительные провода . . . 21
Вспомогательные значки общего назначения 27
Сопротивления 31
Конденсаторы 40
Катушки индуктивности . . . 49
Электронные и ионные приборы 57
Полупроводниковые приборы . 69
Элементы коммутации 78
Электроакустические и звукосигнальные приборы 87
Антенны 91
Различные условные обозначения 97
Как читают радиосхемы . . . 101

Згут Моисей Абрамович

Условные обозначения и радиосхемы. М.—Л., издательство «Энергия», 1964. 112 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 557).

Тематический план 1964 г., № 327

* * *

Редактор *И. П. Жеребцов* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в пр-во 20/VII 1964 г. Подписано к печати 24/X 1964 г.
Формат бумаги 84×108¹/₃₂ 5,74 п. л. 7,18 уч.-изд. л. Т-13381. Тираж 150 000 экз.
Цена 29 коп. Зак. 1338

Владимирская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по печати

ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектроника в наши дни проникла во все отрасли народного хозяйства и науки, и поэтому с нею в той или иной мере встречаются все люди, занятые производительным трудом. Необычайно широко проникла она и в быт. Поэтому наступает такое время, когда элементарные знания по радиоэлектронике должны стать достоянием всех взрослых людей.

Накануне революции в нашей стране основная масса населения была безграмотна. Революция привела к коренному изменению этого положения. Всеобщее среднее образование стало действительностью, а это в сочетании с развитием техники ставит новые задачи и, в частности, задачу массового овладения знаниями в области электроники.

Для того чтобы пользоваться значительным числом электронных устройств, часто не требуется знать электроники. Включить и настроить приемник, телевизор можно, конечно, и не имея о ней никакого представления. Однако дело существенным образом меняется, если речь идет о применении радиоэлектроники в сфере своего труда. Здесь уже требуется гораздо большее. Нужно хотя бы в общих чертах знать устройство различных радиоприборов и понимать процессы, в них происходящие, критически оценивать их возможности и точность работы, понимать, какие манипуляции могут повредить прибор, а в некоторых случаях уметь скомбинировать несколько приборов в одну установку или даже соорудить самостоятельно новый прибор.

Для чтения радиотехнической литературы мало знать обычный разговорный язык, нужно овладеть еще особым, специфическим языком — языком радиосхем. Радиосхемы, представляющие особый вид чертежей, давно уже переросли назначение служить вспомогательными иллюстрациями к чисто словесному пояснению. Очень часто электрическая схема сама рассказывает об устройстве и работе того или иного прибора гораздо более подробно и полно, чем длинные словесные объяснения. Установлено, что схемы позволяют и думать по-особому, не словами, а зрительными образами, и это намного облегчает работу с электронными устройствами.

Всякому языку нужно учиться. Человек, прочитавший словарь, не овладеет языком. Ему нужно определенное время практиковаться в употреблении новых для него слов, пока они не закрепятся в памяти и не станут оттуда поступать на поверхность сознания, когда в них возникает необходимость. Известно и другое: чтобы научиться ездить на велосипеде, нужно ездить. Радиосхемы в этом отношении не представляют исключения. Мало ознакомиться со значением общепринятых символов и способов объединения их в схемы. Нужно практиковаться в чтении, разборе схем, чтобы научиться их языку.

Любой радиотехнический прибор, начиная от миниатюрного карманного приемника и кончая огромной, на целый зал, электронной счетной машиной, состоит из отдельных деталей. Эти радиодетали изготовляют, как правило, независимо от всего прибора, обычно на различных заводах. Тем, кто делает радиодетали, порой неизвестно даже, где последние будут использованы, подобно тому как рабочие шрифтолитейного предприятия не знают, какие слова, какие книги будут набирать из сделанных ими литер.

Число отдельных сопротивлений, конденсаторов, катушек в радиотехническом приборе может быть очень большим. Например, современный телевизор содержит не менее 1500 отдельных деталей. Когда они собраны, соединены проводами, количество которых кажется бесконечным, разобраться в устройстве прибора становится невероятно трудно, а еще труднее сообразить, как протекают здесь токи и как передаются сигналы.

Как же все-таки разбираются в таких приборах профессиональные радиотехники? Помогают им в этом электрические схемы соединений, без которых немыслимо развитие современной радиотехники, как невозможно было бы развивать науку без обыкновенной письменности.

Каждая электрическая схема представляет собой чертеж, на котором условными значками изображены и радиодетали, входящие в устройство, и соединения между выводами этих деталей. Подобные условные значки или обозначения, вообще говоря, уже давно применяются человечеством в самых разных отраслях знания. Например, буквы, которыми написана эта книга, представляют собой по сути условные обозначения звуков, из которых слагаются слова устной речи. Почти столь же широко применяют значки, используемые для обозначения количеств (цифры) и действий над числами (знаки сложения, вычитания, равенства и т. п.). Для условных обозначений музыкальных звуков применяются ноты, созвездий, Луны и Солнца — астрономические знаки, химических элементов — химические символы, предметов на местности — топографические знаки, полезных ископаемых — географические знаки, правил движения транспорта — дорожные знаки.

Чем же объяснить, что все эти условные обозначения получили такое широкое распространение?

Первое, что бросается в глаза в условных знаках, — это их необычайная краткость, удивительная простота. Все условные знаки рассчитаны на беглое чтение их, на почти мгновенное распознавание. Например, страничку этого текста без труда, хотя и достаточно внимательно, можно прочесть за 2 *мин*, а напечатано на этой странице около 3 000 букв, и если вытянуть все эти буквы в одну строчку, то длина ее составит около 5 *м*. Легко подсчитать, что глаз на узнавание каждой буквы затрачивает в среднем всего только 0,04 *сек*. Понятно, что если узнавание букв будет затруднено, скорость чтения резко снизится. Чем сложнее изображение условного знака, чем больше элементов он содержит и чем больше знаков имеет сходный вид, тем труднее распознавание, тем больше ошибок будет допущено при чтении. Поэтому условные обозначения, в том числе и радиотехнические, имеют простую форму.

Простота условных знаков важна не только для облегчения узнавания, но также и для удобства начертания. Ведь часто приходится изображать на одном чертеже сотни и даже тысячи услов-

ных обозначений и самая малая экономия времени в начертании одного знака в конечном итоге сберегает много времени на весь чертеж. Кроме того, более простые графические формы легче вычерчивать однотипно; однотипность же необходима для облегчения узнавания и самого чтения.

Не столь далеко от нашего времени отстоит тот период истории человечества, когда уже начали строить первые электротехнические приборы, но еще не придумали для них системы условных обозначений. В те времена, чтобы изобразить устройство какой-либо электротехнической установки, приходилось рисовать ее в буквальном смысле этого слова. Далеко не каждый мог это сделать удачно. Правда, и сами установки были совсем не похожи на современные. Сейчас любое радиотехническое устройство имеет в своем составе шасси, каркас или ящик, на котором укрепляют все детали, тогда как на заре электроники детали раскладывали на столе или доске, в лучшем случае удерживая их в нужном положении с помощью подставок, штативов и т. п. Соединения между деталями было принято выполнять проводами, свитыми в длинные спирали. Дело в том, что тогда изолированные провода изготовляли кустарным способом; стоили они поэтому очень дорого, и их всячески берегли. В разных экспериментах старались применять одни и те же куски провода, не отрезая лишних концов. А чтобы не получилось путаницы излишне длинных проводов, каждый из них свертывали в длинную спираль, которую можно было растянуть в меру необходимости.

Можно полагать, что первоначально рисунки радиодеталей упрощали просто из желания облегчить графическую работу. Наиболее удачные упрощенные рисунки получали широкое распространение, а затем становились общепризнанными и традиционными, т. е. условными обозначениями. В процессе развития электроники по мере появления новых приборов для каждого из них предлагали ряд обозначений, но прививались и получали всеместное распространение только наиболее удачные. Этот отбор происходил стихийно. Позже отдельные технические журналы, издательства и производственные организации начали вводить нормали на условные обозначения. В ряде наиболее передовых стран эту нормализацию начало осуществлять государство, а в самое последнее время ее проводят уже в международном масштабе на специально созываемых конференциях. Стандартизуют не только общий вид символов, но также их пропорции и даже размеры.

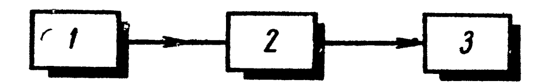
В Советском Союзе в 1955 г. был разработан ГОСТ 7624-55 на ряд обозначений в радиотехнических схемах. В настоящее время действует гораздо более обширный и совершенный ГОСТ 7624-62, введенный с 1964 г. Выпуску последнего предшествовала разработка Междуведомственной нормали «Система чертежного хозяйства» (МНСЧХ). Ряд рекомендаций из последней использованы в настоящей книге, поскольку в ГОСТ соответствующие вопросы не нашли отражения. Помимо этого, во многих случаях приведены и старые условные обозначения, учитывая, что читателям, которые будут изучать схемы по литературе, выпущенной в прошлые годы, полезно знать их. Они на рисунках перечеркнуты.

ВИДЫ РАДИОСХЕМ

В радиоэлектронике пользуются схемами разных видов.

Пусть требуется с помощью схемы рассказать об устройстве и действии некоторой установки, например обычного электрического звонка. Такая «установка» должна содержать источник электроэнергии, кнопку и сам электрический звонок. На чертеже все эти части и связи между ними можно изобразить следующим образом.

Здесь первый прямоугольник условно представляет собой источник энергии, второй — кнопку, третий — электрический звонок. Каждую независимую часть установки или прибора принято называть блоком, а чертеж — **блок-схемой.** По такому чертежу легко установить, какой блок является первичным источником энергии



или сигнала, какие блоки и как связаны между собой. Последнее облегчается простановкой стрелок на линиях, изображающих тракты связи между блоками. Внутреннее содержание блоков на таком чертеже не раскрывается, и это дает известные преимущества при обдумывании установки: не отвлекается внимание на детали, которые на первом этапе ознакомления с устройством не существенны.

В данном примере не уточняется, какой именно источник энергии используется для звонка — батарея, осветительная сеть или понижающий трансформатор. Схема просто указывает, что без источника система не может работать. Далее «по тракту сигнала» стоит кнопка. Она также представлена в самом общем виде, т. е. отсутствуют данные о ее конструктивном выполнении, электрических деталях ее устройства, внешнем виде. Таким же неконкретным символом обозначен и звонок.

Но рассмотренная блок-схема дает совершенно четкое представление о том, что энергия (или сигнал) движется **от** источника питания **через** кнопку **к** звонку, т. е. совершенно ясно указывает идею работы тракта, взаимную подчиненность отдельных частей и даже функции, которые можно возлагать на отдельные блоки.

Заметим важное обстоятельство, хорошо выступающее даже в этом элементарном примере: при чтении чертежа взор движется беспрепятственно слева направо по прямой, а это движение является для нас наиболее простым и привычным. Таким движением

взора читаем мы книжный текст, мы привыкли к нему с самого детства. Таким образом, построение блок-схем, при котором они просматриваются по прямым горизонтальным линиям слева направо, является одним из важных условий их удобочитаемости.

«Блок» — очень общее, емкое понятие. Если блоки представляют собой весьма крупные части общего изделия, то блок-схема дает самое общее представление об установке, изображает, так сказать, только скелет установки. Поэтому иногда очень обобщенные схемы называют **скелетными.** Если же каждый блок содержит лишь небольшую часть установки, т. е. разбивка на блоки сделана весьма подробно, детально, то можно столь же детально объяснить действие, функции всех частей установки. Подробные блок-схемы часто называют поэтому **функциональными.** По функциональной схеме можно судить о роли отдельных небольших групп элементов (деталей) или даже отдельных элементов в рабочих процессах. Функциональные схемы, в частности, получили широкое распространение в вычислительной технике, так как электронные счетные машины, несмотря на свою громоздкость, строятся из небольшого ассортимента простых типовых схем: триггеров, блокинг-генераторов, ячеек совпадения сигналов, дешифраторов и т. п.

Блоком может быть любая часть целого устройства, независимая по своему электрическому действию или конструктивному выполнению. Например, в радиовещательном приемнике блоком, в числе других, удобно считать выпрямитель. Это независимое устройство, преобразующее переменный ток сети в постоянный ток для питания ламп приемника. Выпрямитель можно и собрать, и испытать отдельно от остальных частей приемника.

Блок-схему обычно используют в начале описания или разработки изделия, чтобы показать с ее помощью в наглядной форме самые основные идеи того или иного прибора. Такие схемы дают возможность в одной сравнительно короткой цепи рассуждений обдумать и представить себе общие принципы построения даже весьма громоздких и сложных устройств, но, конечно, только в общих чертах. Однако, позволяя быстро изложить общую идею, блок-схема не в состоянии сообщить подробных сведений о содержании блоков, соединениях между отдельными деталями.

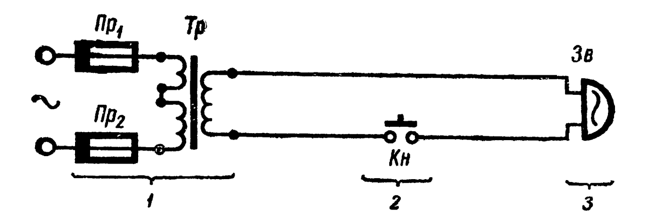
Для полного рассмотрения электрических процессов, происходящих в радиотехническом устройстве, было бы желательно удержать в памяти весь перечень деталей, входящих в изделие, все соединения между ними, а также понимать особенности и принцип действия каждой детали в отдельности. Однако в сложных устройствах это затруднительно, а часто просто невозможно. Чтобы облегчить понимание работы таких устройств и значительно разгрузить память, применяют другой вид схем, более подробных, условно изображающих **принцип** действия каждой детали и в силу этого называемых **принципиальными электрическими схемами.**

Например, принципиальная схема электрического звонка показана на рисунке, помещенном на следующей странице.

Заметим, что здесь сохранено строение блок-схемы, но вместо очень общих по содержанию условных обозначений блоков изображены условные обозначения конкретных деталей. Из этой схемы уже видно, что источником энергии в данной «установке» служит трансформатор, имеющий первичную обмотку из двух секций и вторичную обмотку, и что в этот блок входят также два предо-

хранителя. Более ясное представление имеется об электрическом устройстве кнопки Указано, что звонок является электромагнитным т. е. пояснен принцип его работы. Важно также то, что здесь, хотя и символически, изображены все соединения между выводами деталей, в связи с чем открывается возможность подробно проследить все цепи протекания электрического тока.

Символы предохранителей, трансформатора и остальных деталей на этой принципиальной схеме взяты стандартными. Об устройстве каждой из деталей они позволяют судить только в общей форме, но они дают вполне ясное и наглядное представление о существе любой из них. Например, очевидно, что в плавком предохра-



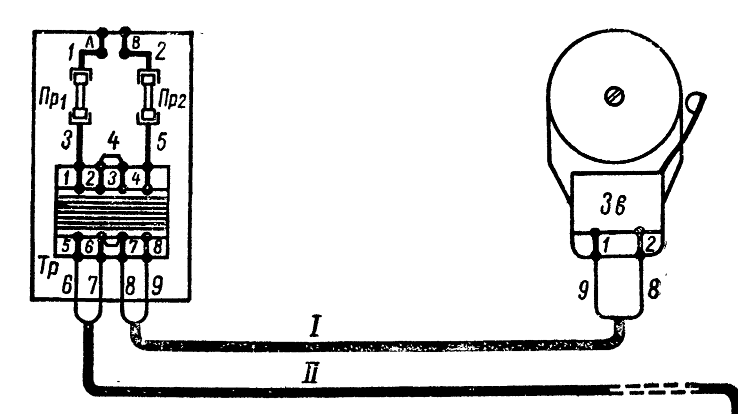
нителе имеется проволочка, перегорающая во время перегрузки, что в трансформаторе, помимо обмоток, есть и такая важная деталь, как стальной сердечник, что в кнопке имеется разрыв цепи, устраняемый при нажатии пуговки. Вместе с тем бросается в глаза, что ни один из символов не отображает геометрических размеров деталей. Более того, условные обозначения на принципиальных схемах не могут дать представления о конфигурации и конструкции реальных деталей. Все эти сведения на принципиальных схемах были бы вредными, так как при изучении принципа работы устройства они отвлекали бы внимание на рассмотрение конструктивной разницы в однотипных деталях, не имеющей принципиального значения.

Есть еще одна важная особенность принципиальных схем, вытекающая из того, что эти схемы предназначаются для чтения. Выше указывалось, что для удобства чтения нужно выдержать развитие схемы слева направо; в реальном же устройстве размещение деталей подчиняется совсем иным соображениям, в частности стремлению свести к минимуму паразитные связи между отдельными цепями. Поэтому по самой идее своего построения принципиальные схемы не могут отражать размещения деталей в реальном изделии. Более того, в большинстве случаев это и невозможно, так как схема представляет собой плоский чертеж, а реальное изделие, как правило, характеризуется пространственным размещением деталей.

Все же иногда на принципиальных схемах помещают некоторое количество конструктивных данных. Дело в том, что в ряде случаев принципиальная схема оказывается главным и единственным документом для реального устройства и по ней приходится ориентироваться и в конструкции. В этом случае отсутствие ряда конструктивных данных, например распайки проводов на штепсельных разъемах, чрезвычайно затрудняет ориентировку в приборе. О том, как отражают конструктивные данные на принципиальных

схемах, будет сказано дальше, но следует иметь в виду, что большое число таких данных всегда затрудняет чтение схемы.

При изготовлении аппаратуры, а часто и при ее ремонте, бывает важно иметь документ, дающий определенное представление о конструктивном выполнении устройства в целом и монтажных соединениях в частности. Например, во многих случаях соединительные провода, идущие между выводами различных деталей, увязы-



вают в жгуты или пропускают внутри экранирующих рукавов, сплетенных из тонкого луженого провода. При этом, рассматривая монтаж реального прибора и не пользуясь специальным чертежом, оказывается практически невозможным установить прохождение отдельных проводов. Иногда приходится даже отпаивать провода по концам и определять их соответствие измерительным прибором.

Полное представление о конструкции дает чертеж, носящий название **монтажной схемы.**

Монтажная, или, точнее, электромонтажная, схема представляет собой упрощенный конструктивный чертеж, изображающий изделие в одной или нескольких проекциях. Здесь показывают все детали, входящие в изделие, все выводы деталей, все провода, осуществляющие соединения. На таких схемах подробно показывают детали коммутационной аппаратуры: различные штепсельные разъемы, гребенки для распайки концов, расположение выводов на переключателях, расцветку окрашенных концов и т. д.

В ряде случаев, когда монтажные соединения осуществляются между деталями, расположенными на внутренних стенках шасси, шкафа, эти стенки для удобства на чертеже условно разворачивают в плоскость последнего. По этим же соображениям условно относят в сторону различные панели, которые в реальном изделии заслоняют другие детали

Здесь приведена монтажная схема с электрическим звонком. Трансформатор, как и все другие детали, на этом чертеже

изображен чисто конструктивно: приведена одна проекция его, на которой опущены все мелкие несущественные детали, вроде стяжных и крепежных болтов, а способ подключения соединительных проводов показан весьма условно. Однако все выводы, все соединительные провода пронумерованы, показано относительное положение всех деталей и хотя бы в общих чертах выдержаны геометрические пропорции.

Из приведенной монтажной схемы видно, в частности, что соединение одного вывода звонка *2* с выводом кнопки *1* в действительности осуществляется не непосредственно, как это вытекает из принципиальной схемы, а через специальные ламели *6* и *7* на трансформаторе, замкнутые накоротко между собой. По эксплуатационным соображениям это оказалось удобным, хотя никак не было отражено на принципиальной схеме. В дальнейшем мы еще встретимся с подобными различиями в изображении соединений на монтажных и принципиальных схемах.

В современной радиопромышленности применяется ряд видов монтажных схем. Помимо разобранной монтажной схемы, существуют еще схемы электрических соединений и комплектационные, или общие, схемы. Первые служат для изображения проводных и кабельных соединений между конструктивно самостоятельными частями общего радиотехнического сооружения. Эти части или конструктивные блоки на схеме электрических соединений изображают самыми общими контурами, и главное внимание обращают на изображение выводов от блоков и соединительных проводов. Например, желая схему звонка выполнить не монтажной, а в виде схемы электрических соединений, мы должны были бы не указывать трансформатора и предохранителей, а также проводов, которые соединяют их. Вместо этого надо было бы изобразить прямоугольник с выводами *1*, *2*, *4*, *5*, *6* и *7*. Таким образом, в схемах этого типа отдельные блоки представляют интерес только потому, что на них показано, куда присоединяются концы соединительных кабелей и проводов.

Другой разновидностью электромонтажных схем являются комплектационные, или общие, схемы. Они отличаются от схем электрических соединений тем, что, помимо соединительных проводов и кабелей, на них изображают и сами блоки (более подробно, чем на монтажных схемах), а также упрощенно показывают способы монтажа (установки и закрепления) их на месте эксплуатации.

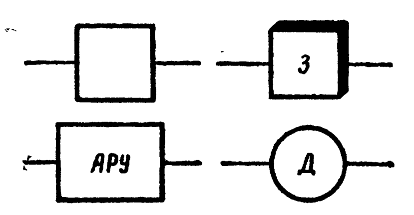
Нужно заметить, что иногда монтажную схему понимают как схему конструктивного монтажа внутри блоков и этим дополнительно отличают ее от комплектационной, в которой блоки показывают как готовые закрытые кожухами изделия.

Изредка, когда это требуется, в радиотехнические схемы вводят элементы кинематических, гидравлических, пневматических и даже оптических схем, т. е. схем, изображающих неэлектрические связи между частями реального сооружения.

Вполне естественно, что на всех видах монтажных схем по самой их идее приходится отображать чисто конструктивные вопросы, а поэтому удобочитаемости, которая особенно важна при вычерчивании принципиальных и блок-схем, уделяется уже не такое внимание, она отодвигается на второй план.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА БЛОК-СХЕМАХ

От условных обозначений блоков требуется, чтобы они давали не подробную информацию о содержании этих блоков, а только самое общее представление о назначении, функции блока. Поэтому любой блок изображают самым простым символом — кружком или прямоугольником, графически представляющим собой понятие **«устройство»** или **«прибор»**. Иными словами, символ блока на блок-схеме рассматривается как двух-, четырех- или вообще многополюсник, т. е. некоторое техническое сооружение, коробочка с соответствующим числом зажимов.

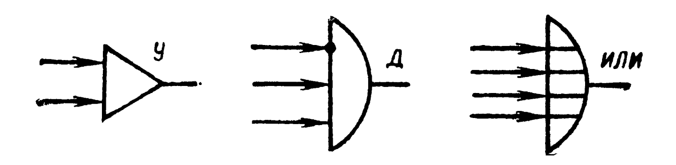


Если символы блоков изобразить без каких-либо дополнительных пометок, то на схеме станет очень трудно отличить один символ от другого. Поэтому символы блоков часто нумеруют, проставляя цифру внутри символа или рядом с ним. Вместо цифр иногда ставят буквы или даже короткие надписи. Все же, несмотря на эти меры, блок-схема получается в известной степени «безликой», невыразительной, однообразной. Это затрудняет запоминание схемы. Читается блок-схема с цифровыми и буквенными надписями с некоторым затруднением: ведь, кроме самой схемы, приходится читать еще и надписи, а если последние приведены в сокращенном виде, то дополнительно осознавать и смысл сокращений. Тем не менее надписи находят широкое применение. Некоторые буквенные обозначения стали даже общепризнанными. Вот наиболее распространенные из них: *В* — выпрямитель; *Б* — батарея; *Г* — генератор; *Д* — детектор (в схемах вычислительной техники — дешифратор); *М* — модулятор любого типа, микрофон; *Ф* — фильтр; *Т* — триггер; *АРУ* — автоматический регулятор усиления; *УНЧ* — усилитель низкой частоты; *УВЧ* — усилитель высокой частоты; *УПЧ* — усилитель промежуточной частоты; *1... 9* — цифровой счетчик.

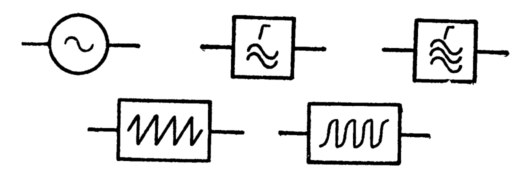
Чтобы блок-схема не была «безликой», иногда разнообразят размеры или пропорции сторон у символов блоков, стараясь обеспечить их внешнее несходство. Блоки, охватывающие большее число деталей, несущие более сложные функции или работающие с энергией более высоких уровней, изображают более крупными символами; например, вполне закономерно и понятно будет, если на схеме, представленной на стр. 9, символ блока, заключающего в себе трансформатор, окажется по размеру больше символа блока с кнопкой.

В больших, громоздких схемах этот прием оказывается малоэффективным, поскольку различение фигур по размерам затрудняется, если число этих размеров превышает 3—4. Чтобы придать символам блоков определенную индивидуальность, в блок-схемах электронных вычислительных машин отдельным символам придают форму, резко отличную от прямоугольника. Так, усилители в этой области техники часто изображают треугольником, схемы «И» (дешифраторы) — сегментом. Однако такая практика находит пока еще весьма ограниченное применение.

Гораздо легче придать символам блоков хорошо заметную с первого взгляда индивидуальность, если применять различные вспомогательные значки. Назначение каждого такого значка заключается в том, чтобы чисто графическими средствами указать устройство или назначение блока (или хотя бы намекнуть на него), придать каждому условному обозначению определенное отличие, позволяющее легко, с одного взгляда, узнавать этот блок среди всех иных.



Давно уже стало традицией изображать источник переменного тока или сигнала, исходного для данной схемы, кружком со значком ~ внутри. Этот значок фактически изображает одно колебание переменного напряжения. Когда нужно подчеркнуть, что данный источник имеет повышенную частоту, вместо одной синусоиды рису-

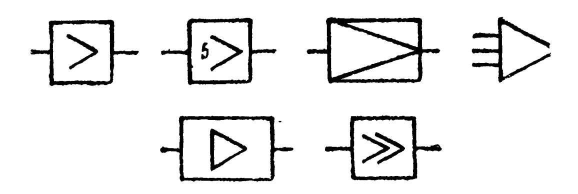


ют две, а наличие высокой или сверхвысокой частоты представляют тремя синусоидами С появлением генераторов напряжений и токов сложных форм внутри символов блоков стали помещать упрощенные графики генерируемых сигналов.

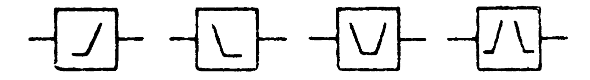
Другой распространенный значок похож на математический знак «больше»; им принято обозначать усилители. Значок этот можно рассматривать, как наконечник стрелки, указывающей, в какую сторону передается усиливаемый сигнал. Если нужно отметить, сколько каскадов усиления имеется в блоке, у значка ставят соответствующую цифру. В большинстве отраслей радиоэлектроники на блок-схемах значок усиления изображают относительно меньшим по сравнению со всем символом блока; однако, например, в радиовещании и дальней проводной связи этот значок изображают как органическую часть всего символа блока.

Выше уже указывалось, что в вычислительной технике в символе усилителя вспомогательный значок приобрел функцию основного символа. Счетные машины очень часто используют усилители, имеющие несколько входов. Для обозначения таких усилителей треугольник очень удобен, так как он наглядно показывает, что несколько сигналов сходятся в общем канале. В иностранной литературе очень часто можно встретить и другой символ усилителя — равносторонний треугольник внутри прямоугольника. Иногда необходимо

подчеркнуть, что данный блок представляет собой не усилитель вообще, а усилитель мощности. Для этого пользуются сдвоенным значком усиления.

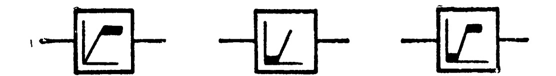


В качестве вспомогательных значков в символах блок-схемы широкое применение находят различные графики. Их изображают грубо упрощенно, подчеркивая характерную форму кривой, которая легко опознается зрительно. Очень распространены, например, графики, показывающие, как меняется затухание (поглощение) энер-



гии в фильтрах на различных частотах. В фильтре нижних частот колебания более низких частот не ослабляются в отличие от колебаний более высоких частот. В фильтре верхних частот пропускаемые и поглощаемые колебания имеют размещение по частоте, обратное предыдущему. Квалифицированному радисту ход этих графиков хорошо знаком, и он без труда узнает их в значках, размещаемых внутри символов фильтра нижних и верхних частот. Аналогично построены значки для полосового фильтра, пропускающего колебания только в определенной полосе частот, и заграждающего фильтра, который в определенной полосе частот колебаний не пропускает.

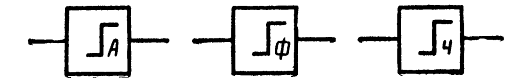
Подобное же применение находят графики вольт-амперных зависимостей в различных ограничителях сигналов Ограничитель представляет собой устройство, в котором срезается верхняя или



нижняя часть сигнала, а иногда и та, и другая, так что в сигнале остается только срединная часть. При двустороннем ограничении синусоиды, например, получается трапецеидальная кривая. Чтобы обратить внимание на то, какая часть сигнала подвергается ограничению, на вольт-амперной характеристике делают более толстой ту ветвь, которая используется для ограничения. Так получают символы ограничителей по максимуму, минимуму и двустороннего.

Гораздо большее применение находят схематичные графики в символах корректоров амплитуды, фазы или частоты колебаний.

В этих устройствах подвергается изменению соответствующий параметр сигнала. Такое изменение изображают «ступенькой» на графике этого параметра, а для указания, к какому именно параметру относится график, возле него ставят букву *А*, *Ф* или *Ч*.

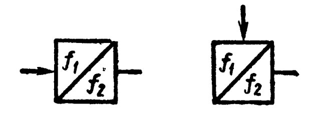


Совсем условными выглядят графики на символах расширителя и компрессора динамического диапазона. Расширителем динамического диапазона (экспандером) называют устройство, в котором искусственно увеличивается разница в амплитудах слабых и силь-



ных сигналов. Компрессор выполняет обратное назначение. В символе экспандера график зависимости амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного снабжают стрелочкой, направленной вверх и символизирующей «расширение». В компрессоре на таком же графике стрелочка указывает вниз.

В последние годы все большее распространение получают символы, содержащие два графика. Это символы блоков, в которых подвергается преобразованиям форма сигнала. Один из графиков относится к сигналу, поступающему на вход блока, а другой — к выходному сигналу. Для более четкого разделения графиков и указания, к какой цепи их следует относить, квадратик, изображающий блок, делится пополам диагональю и в каждой части помещается соответствующий график Принцип построения таких символов хоро-



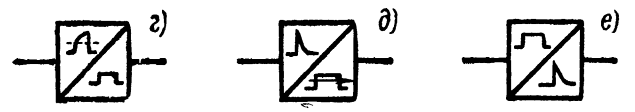
шо понятен на условном изображении преобразователя частоты, хотя вместо графиков здесь записаны алгебраические символы час-



тот. При такой системе обозначений преобразователь переменного напряжения в постоянное (выпрямитель) будет представляться символом *а*, преобразователь постоянного напряжения в переменное (например, вибропреобразователь) — символом *б*, а устрой-

ство, меняющее полярность импульсов и называемое фазоинтверто-ром, — символом *в*.

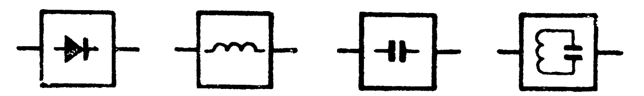
Характерно, что в отдельных символах проявляется стремление отобразить не только результат, но и сам процесс преобразования. Например, в обозначении блока усилителя-ограничителя (*г*) не



только показан исходный импульс, но штриховой линией еще отмечается, как этот импульс подрезают. Другой пример — символ одновибратора, т. е. схемы, вырабатывающей один импульс в ответ на запускающий импульс. В этом символе (*д*) показаны импульс, запускающий схему, и импульс, выработанный ею, причем на последнем стрелочкой показан уровень ограничения.

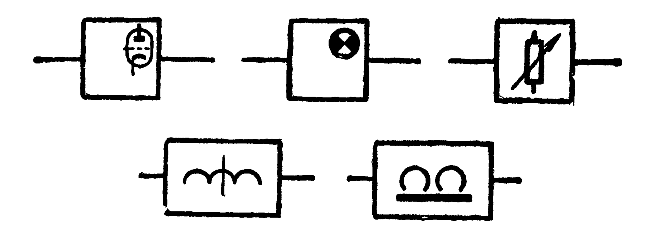
Размещение двух кривых в пределах одного символа, естественно, не позволяет отобразить временные соотношения. Например, в схеме дифференцирования импульс, полученный в результате работы блока, приходится показывать в более крупном временно́м масштабе, нежели исходный, и опускать второй, уже отрицательный, импульс, получающийся в результате дифференцирования заднего фронта исходного импульса (*е*).

Часто вспомогательными значками для символов блоков являются символы, заимствуемые из принципиальных схем. Это вполне закономерно, так как символы принципиальных схем по своему назначению весьма наглядны и, кроме того, привычны для радиоспециалистов. Однако эти символы сравнительно редко имеют традиционный, установившийся характер. Как правило, они представляют собой результат творческой инициативы разработчика схемы, который бывает вынужден для данного конкретного устройства составить новый символ из хорошо известных элементов, понятных без дополнительных пояснений.

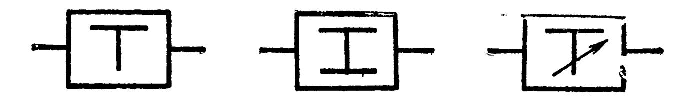


Все же имеются значки, которые применяют в блок-схемах совершенно однозначно. Так, условное обозначение диода в блоке в большинстве случаев означает блок детектора или выпрямитель. В немецкой литературе фильтр нижних частот помечают значком индуктивности, а фильтр верхних частот — значком емкости. Выбор этих символов основывается на известных свойствах индуктивностей и емкостей. Первые увеличивают свое сопротивление с ростом частоты, т. е., действуя как дроссель, пропускают только колебания нижних частот. Вторые уменьшают сопротивление с ростом частоты, т. е. пропускают в основном только колебания верхних частот. В отечественной литературе блоки частотной избирательности помечают схемой колебательного контура, поскольку контур является наиболее типичным представителем устройств для настройки на определенную частоту.

Иногда значок в символе блока изображает деталь, являющуюся основной в данном блоке. Например, символ электронной лампы используют для блоков, в которых с помощью лампы производится активное преобразование сигнала. Аналогично символ сигнальной



лампочки применяют в качестве значка для блоков контроля и сигнализации; символом переменного сопротивления помечают блоки, содержащие делители напряжения и ослабители (аттенюаторы) сигнала. Блок одного или нескольких магнитных усилителей с достаточной наглядностью обозначают символом магнитного усилителя, а магнитофон символически представляют двумя магнитными головками и отрезком магнитной ленты.



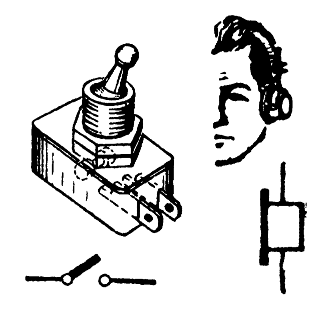
В проводной связи исключительное распространение получили различные пассивные четырехполюсники, т. е. устройства, содержащие одни только индуктивности, емкости и сопротивления Включают детали этих четырехполюсников по определенным, ставшим уже традиционными схемам, например Т-образной. На блок-схемах такие четырехполюсники представляют значками, полученными методом предельного упрощения указанных схем.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

На условные обозначения в принципиальных схемах во многих странах имеются свои стандарты или нормали, причем каждый из этих нормативных документов уже несколько раз изменялся, становясь все более полным и совершенным. Вот почему, читая книги и журналы разных лет и различных стран, можно встретиться с непохожими обозначениями одних и тех же деталей. В настоящее время проводится работа по согласованию условных обозначений и созданию международного стандарта.

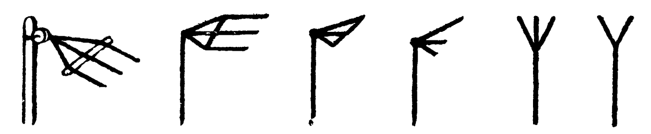
В Советском Союзе ныне действует ГОСТ 7624-62, во многих своих позициях согласованный с обозначениями, принятыми на международных совещаниях. Обозначения, не соответствующие этому ГОСТ, в дальнейшем так или иначе оговорены.

Создавались условные обозначения по двум основным принципам. В одних случаях, как, например, в обозначении телефона, основой символа послужил внешний вид детали, в других — стремились отобразить и д е ю устройства. Например, условное обозначение тумблера фактически изображает разорванный проводник, отогнутый в месте разрыва, несмотря на то, что почти во всех конструкциях имеются два неподвижных контакта и подвижная деталь, которая их замыкает.



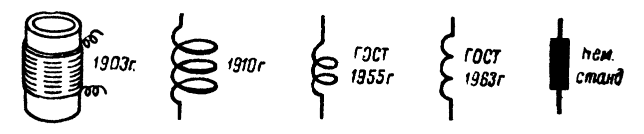
Почти каждое условное изображение имеет свою, иногда очень своеобразную историю. Появившись впервые в одном виде, оно с течением времени изменялось и порой становилось совершенно неузнаваемым, так что не всегда удается сразу догадаться о его исходной форме.

Взять хотя бы весьма распространенное условное обозначение обычной приемной антенны. Сначала ее представляли на чертежах упрощенным рисунком Г-образной проволочной антенны с горизонтальной частью из трех проводов. Вскоре рисунок упростили, перестав изображать эти провода, а затем не стали рисовать и поперечную траверсу. Далее растяжки траверсы стали рисовать в плане,



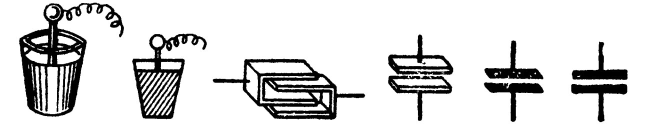
а не в диметрии. В самое последнее время появился символ антенны, очень близкий по своему виду к изображению входного гнезда. Сохраняя в какой-то мере связь с прежним рисунком, этот символ в то же время представляется как «перья» стрелки, указывающей, что энергия сигнала поступает в п р о в о д.

Аналогичные изменения претерпело условное обозначение катушки индуктивности. Здесь переработка изображения также шла по пути превращения его в абстрактный символ путем постепенного отбрасывания все большего числа второстепенных деталей художественного образа, и в конечном итоге исчез собственно рисунок.



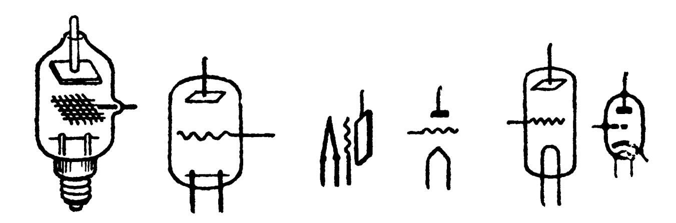
Конечно, преобразования разных символов происходили различно. У отдельных условных обозначений «история» содержит меньше промежуточных форм так как рациональное начертание случайно находили почти сразу. На начертании других условных обо-

значений сказались изменения, происходившие в конструкции деталей по мере развития техники. Это произошло, например, с символом конденсатора. Сначала изображали профильный или диметрический рисунок лейденской банки. Когда начала развиваться схемная графика, уже получила распространение промышленная конструкция конденсатора с плоскими пластинами. Поэтому стали применять



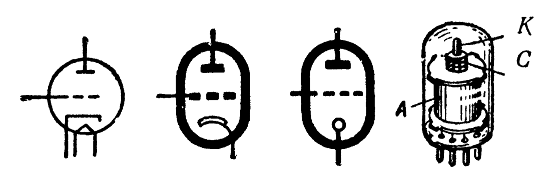
диметрический рисунок уже другого технического сооружения — четырехпластинчатого конденсатора. Этот рисунок является непосредственным предшественником символа, до последних лет применявшегося для обозначения конденсатора в схемах автоматики. Позднее конденсаторы всех типов стали изображать в диметрической проекции в виде двух пластин. Это, вероятно, произошло вследствие освоения диапазона более высоких частот, в котором использовали конденсаторы малых емкостей, т. е. с малым числом пластин. Современный символ конденсатора получен путем упрощения указанной диметрической проекции и, по-видимому, еще длительное время останется без изменений.

Пожалуй, самый разительный пример того, как настойчиво искали символ для обозначения технического устройства, дает история создания условного обозначения электронной лампы — триода. Рисунок первых лет после изобретения электронной лампы сначала заменили более простым и условным чертежом. Этот переход было нетрудно совершить, так как имелся уже опыт, накопленный предыдущим развитием электротехники. В поисках более простых форм сим-



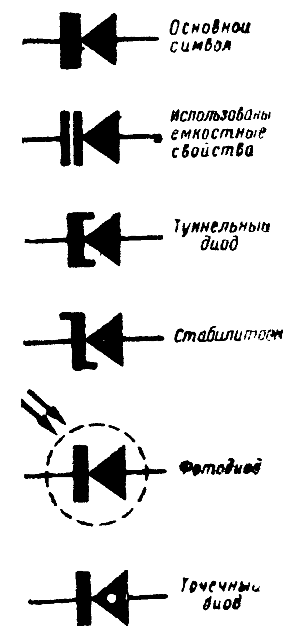
вола одно время во Франции, а затем в Англии и США условное обозначение лампы чертили без элементов, изображающих баллон. Однако при этом символ утрачивал свою слитность, оказывался разбитым на отдельные изображения электродов и зрительно переставал восприниматься, как часть основного тракта сигнала. Схемы стало читать труднее. Поэтому вскоре опять появилось символическое изображение баллона — сильно вытянутый овал. Затем для удобства овал изображения баллона стали чертить не таким вытянутым, а в целях облегчения начертания составлять из полуокружностей и отрезков прямой. Появилось и стало широко применяться обозначение, в котором овал был заменен окружностью.

Выпуск ламп с подогревным катодом вызвал необходимость пополнить символ лампы еще одной деталью — катодом. С этого времени обозначение нити накала стало делом второстепенным, поскольку цепи накала не представляют интереса для анализа работы цепей преобразования сигнала. Поэтому сейчас нити накала очень часто не изображают вовсе. В немецком стандарте обозна-



чение лампы подверглось дальнейшему упрощению и катод стали изображать точкой или маленьким кружком.

Полезно сравнить крайние точки этой цепи преобразования символа лампы. Конструкция электродов современных ламп существенно отличается от исходных, а символ все еще хранит на себе отпечаток первоначального устройства. Хочется еще раз обратить внимание на то, что все рассмотренные преобразования графической формы условных обозначений неуклонно и параллельно с другими задачами преследовали цепь всемерного облегчения начертания символов.

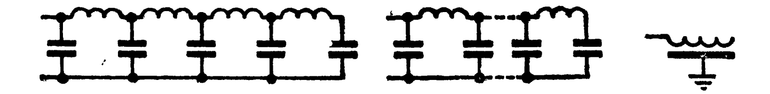


Процесс создания новых условных обозначений и совершенствования старых продолжается и сейчас. Появляются новые приборы, и нужно придумывать, как обозначать их на схемах. Старые, уже известные детали, приобретают различия, которые оказывается необходимым и важным подчеркнуть на символических обозначениях, т. е. требуется осуществить детализацию условных обозначений. Например, в последние годы диод применяют не только для простого выпрямления переменного тока. Стали использовать емкость запирающего слоя в качестве элемента настройки контура, появились специальные туннельные диоды для работы на сверхвысоких частотах, диоды-стабилитроны для стабилизации напряжения, фотодиоды, реагирующие на свет. Помимо точечных диодов, появились еще и плоскостные. Поэтому в схемах стали употреблять ряд видоизменений основного символа диода. Основные черты диода — треугольник и черточку — сохраняют во всех видоизменениях, но вводят мелкие различия, которые позволяют уточнить конструкцию или способ использования детали.

В некоторых системах обозначений, в частности в последнем ГОСТ на условные обозначения, эти различия отмечают не изменением основного символа, а введением дополнительных, уточняющих значков. Благодаря этому в памяти приходится удерживать меньше основных символов, что облегчает опознавание при беглом чтении схемы.

Следует отметить еще одно важное обстоятельство. Помимо разработки способов и приемов для указания тех или иных различий в деталях устройства, идет и обратный процесс — разработка символики для обозначения целых групп деталей. Техника развивается по пути создания все более сложных устройств. Принципиальные схемы этих устройств становятся все более громоздкими, разрастаются до нескольких листов. В этих условиях изучать схемы оказывается все труднее. Естественно возникает стремление не задерживать внимания на узлах, которые стали уже типовыми и неоднократно встречаются в других радиотехнических приборах. Для таких узлов постепенно формируется общий символ, который, как стенографический знак, сокращенно представляет группу символов или, если выразиться философски, осуществляет углубление обобщения. В некоторых случаях подобная тенденция вызывает введение в принципиальную схему элементов блок-схем. Если, например, посмотреть на типовые принципиальные схемы телевизионного приемника, то легко обнаружить, что в большинстве из них блок переключателя телевизионных программ, содержащий ряд колебательных контуров, сопротивлений, конденсаторов и других деталей, изображается одним общим квадратом с подписью ПТП Во всех выпускаемых отечественных телевизорах блоки ПТП унифицированы, т. е. имеют одинаковую схему. Очевидно, нет смысла отвлекаться на разбор типовой, давно уже известной схемы и изображать ее в деталях. Однако подобное блочное изображение мало что говорит такому человеку, как ремонтный мастер. Ведь он вынужден иногда ремонтировать и ПТП. Поэтому подробную схему ПТП «про запас» помещают где-нибудь сбоку, на свободном поле схемы и обращаются к ней в случае необходимости.

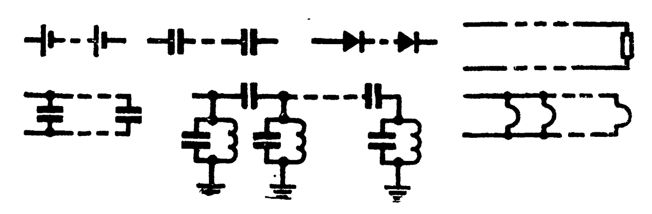
Создаются и такие обобщающие ряд деталей символы, которые вполне наглядно демонстрируют суть работы деталей, скомпонованных в данном узле. Характерным примером этого может служить условное обозначение искусственной линии (линии задержки). Такая линия, получившая широкое применение в импульсной техни-



ке, представляет собой цепочку, иногда довольно длинную, из однотипно включенных катушек и конденсаторов. Отдельные звенья цепочки настолько уныло однообразны, что часто изображают только начало и конец цепи, а средние звенья заменяют штриховой линией, которая должна показать, что в этом промежутке размещены совершенно однотипные сочетания деталей. Но и в этом начертании изображение получается сложным. Недавно появился новый символ искусственной линии, из которого, несмотря на лаконичность,

ясно видна идея устройства: некоторая распределенная индуктивность со столь же равномерно распределенной емкостью.

В схемной графике вообще установилась традиция применения штриховой линии в том смысле, который в обычной письменной речи обозначается выражением «и т. д.» или многоточием. Штриховой линией заменяют середину длинной цепи одинаковых символов, например в батарее гальванических элементов или ряде других, приведенных здесь на рисунке. Такая практика облегчает чтение схем. Ведь

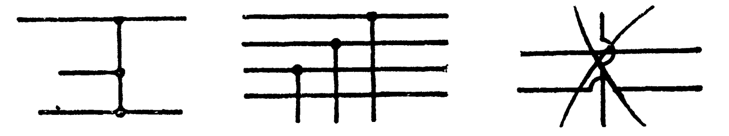


достаточно понять назначение или действие первого элемента подобного изображения, и можно сразу перескочить к концу цепи, не задерживая на промежуточных звеньях ни взора, ни мыслей. Дальше мы увидим, что аналогичным образом облегчают чтение одинаковых повторяющихся узлов различных схем, а не только отдельных символов.

Все разобранные выше примеры носят общий характер и не могут, конечно, заменить детального рассмотрения всех применяемых символов Это рассмотрение удобнее вести по группам, объединяющим детали одного назначения.

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА

Символы соединительных проводов связывают условные обозначения деталей, показывая, как протекают токи и передаются сигналы. Провод изображают сплошной линией, а соединение проводов — хорошо заметной точкой. В тех случаях, когда линии, изображающие провода, должны на схеме пересекаться без соединения, точку не ставят. Эту точку можно рассматривать как условное изо-

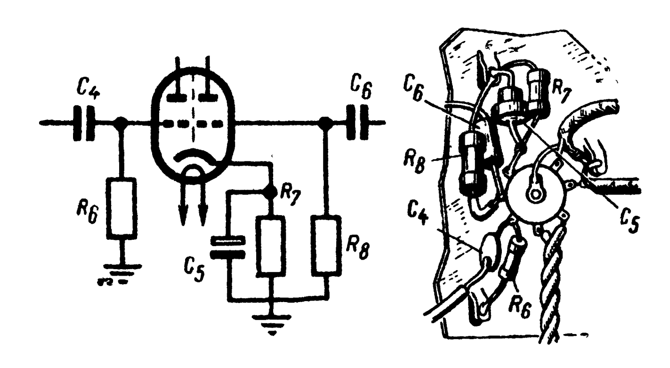


бражение пайки, капельки олова. В прежние годы отсутствие соединения обозначали специальным обводом, от применения которого в настоящее время отказались, так как он усложнял чертежную работу. Обводы применяли из опасения, что в месте пересечения линий может возникнуть зрительная иллюзия точки или просто залиться тушь, создав ошибочное представление о соединении.

Необходимо остановиться на нескольких условностях, принятых в изображении соединительных проводов и соединений между де-

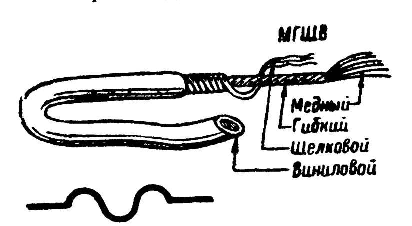
талями. Прежде всего символы соединительных проводов принято чертить только горизонтально или вертикально. Эта условность возникла не случайно, так как именно по этим направлениям глаз обладает наибольшей остротой зрения и легче всего следит вдоль линий. Есть, правда, случаи, когда такие линии намеренно размещают под углом 45° к горизонтали, но делают это лишь для того, чтобы подчеркнуть особенности определенного узла схемы.

Второй особенностью изображения соединений является то, что расположение и длина соединительных линий подчинены одной главной цели: облегчить чтение и понимание схемы, но ни в какой



мере не отобразить длину и, тем более, расположение реальных проводов. Это значит, что длинная соединительная линия может представлять также и очень короткий проводник и даже полное отсутствие проводника, когда детали спаяны своими выводами. Возможно и другое — очень короткая соединительная линия на принципиальной схеме может оказаться изображением длинного проводника реального устройства. Нужно твердо усвоить, что соединительная линия показывает только то, что определенный электрод или вывод одной детали электрически соединен с другим, тоже определенным электродом или выводом другой детали.

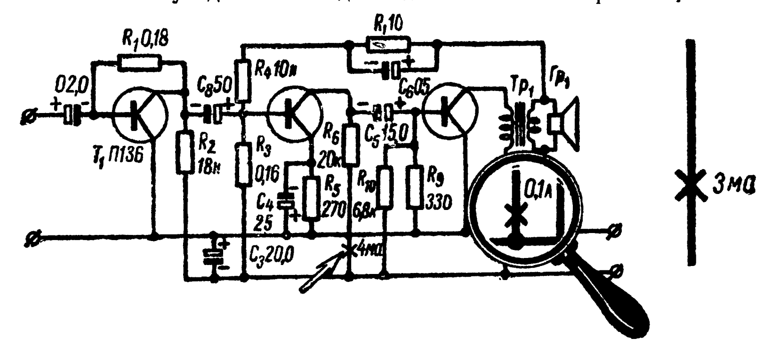
При составлении новой принципиальной схемы нужно стремиться к тому, чтобы соединительные линии были возможно короче, имели минимальное количество перегибов и не располагались в отдельных местах слишком густо, т. е., чтобы схему можно было читать без труда. Большое число перегибов затрудняет прослеживание взором хода соединительных линий, замедляет процесс чтения и может быть причиной «перескакивания» на соседние соединительные линии.



Обычно все соединения в радиотехнических приборах осуществляют неподвижными проводниками, которые для удобства исполнения монтажа могут быть взяты многожильными. В тех же редких случаях, когда

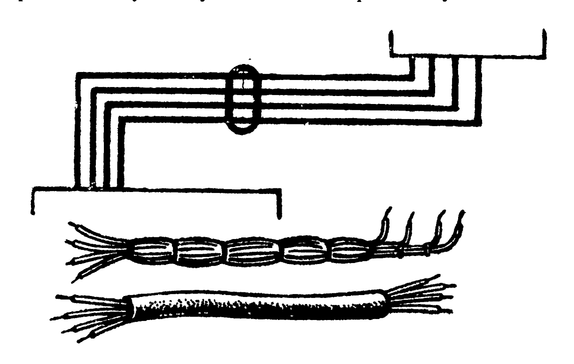
нужно специально подчеркнуть, что проводник является гибким и положение его относительно прибора можно изменять (обычно для перемещения одной из деталей, например щупа), современный ГОСТ предусматривает специальный символ — изгиб в форме трех полуокружностей, который может располагаться в любом месте соответствующей соединительной линии на схеме.

На радиосхемах, которыми снабжают типовую аппаратуру, часто можно увидеть на соединительных линиях крестики, возле



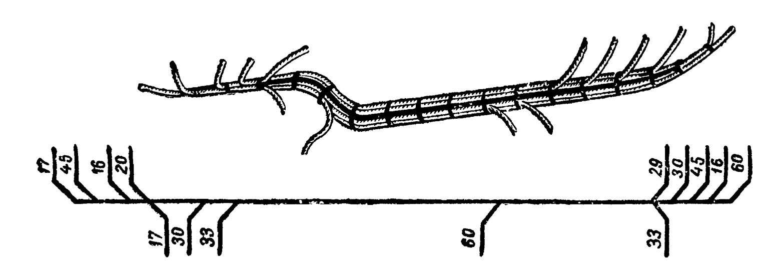
которых проставлены значения тока в миллиамперах или амперах. Это контрольные точки, в которых в разрыв цепи можно включить контрольный измерительный прибор для проверки исправности или наладки устройства.

На принципиальных схемах иногда бывает важно отметить и некоторые другие особенности прокладки соединительных проводов. Например, когда нужно указать, что провода увязаны в жгут или



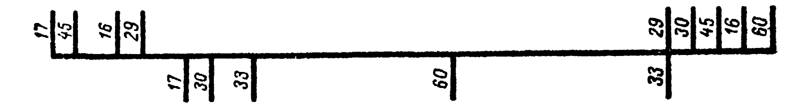
составляют многопроводный кабель, соединительные линии, символизирующие эти провода, чертят параллельно друг другу и охватывают в одном месте замкнутым овалом. Такой овал относится ко всей длине соединительных проводов от одной соединительной детали до другой.

На больших принципиальных схемах в целях сокращения количества соединительных линий между отдельными независимыми частями схемы иногда применяют однолинейное изображение жгута проводов. В этом случае одной линией нормальной толщины изображают уже целый пучок проводов, а не один провод. Отдельные линии, представляющие провода, сливаются в общую линию — символ жгута и разветвляются от нее. О том, что эта общая линия изображает именно жгут, а не одиночный провод, судят по тому,

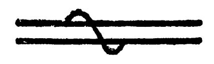


что она имеет ответвления. Соответствие линий по концам жгута устанавливается по одинаковым номерам, надписываемым на концах ответвлений. Для того же чтобы легче было искать, в каком направлении находится другой конец той же линии, на изгибах линий делают «подсечки» — короткие изломы под углом 45°. Такое обозначение жгутовых соединений применяется и в некоторых видах монтажных, а также функциональных схем.

Новый ГОСТ допускает изображать слияние и разветвление проводов и более простым графическим, но менее наглядным способом, без «подсечек». В прежние годы вместо «подсечек» на схемах изображали плавные повороты.



Иначе изображают свивку проводов. Значок свивки похож на один период синусоиды и вычерчивается поверх соединительных линий, изображающих свиваемые провода. Такой значок применяют также в отдельных случаях для однопроводного изображения двух- и трехпроводных цепей питания. При этом, помимо значка свивки, на соединительной линии помещают соответственно два или три коротких наклонных штриха.



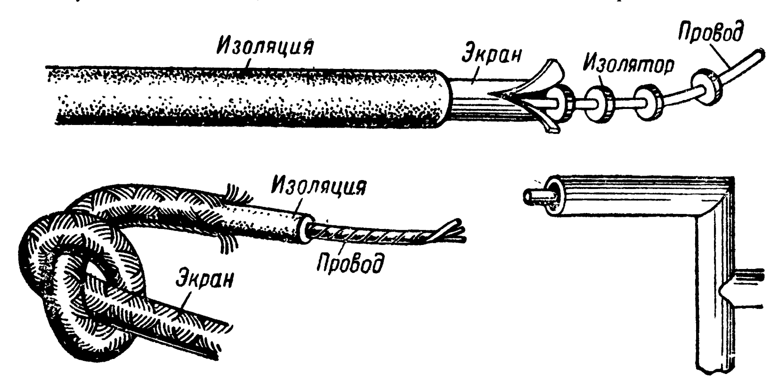




В устройствах, работающих на высокой частоте, часто применяют соединение посредством экранированных проводов. Дело в том, что всякий провод, голый или в изоляции, при определенных условиях и, в частности, при ра-

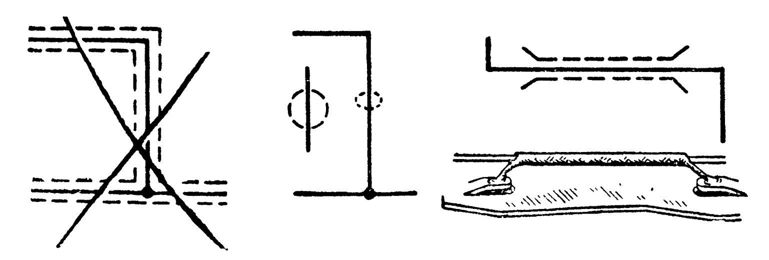
боте на более высоких частотах действует как небольшая передающая или приемная антенна: он возбуждает электромагнитное поле в окружающем пространстве или, наоборот, в нем наводится э. д. с. под влиянием внешнего поля. Для устранения этого проводник заключают в заземляемую металлическую оболочку, исключающую распространение электромагнитного поля как к проводнику, так и от него Эту оболочку называют экраном, а сам процесс защиты — экранированием.

Экран может быть сплошным, но тогда проводник с экраном получается жестким, несгибаемым. Чаще всего экран делают из



тонких медных жилок, сплетенных так, что они образуют своеобразную «рубашку» или оплетку поверх изоляции проводника

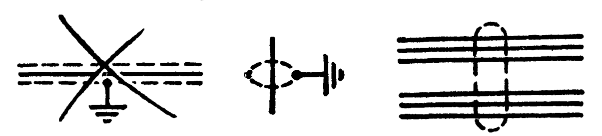
Экранированный проводник на принципиальных схемах изображают двумя способами. По одному способу параллельно соединительной линии и по обе стороны от нее проводят две штриховые линии, условно изображающие продольное сечение экранной оболочки. По другому способу, сходному по идее со способом обозначе-



ния жгутов, на соединительной линии ставят в одном месте значок экранирования — штриховую окружность или, по старой системе, штриховой овал, также условно изображающий поперечное сечение экрана. Этот значок имеет смысл: «экранировано на всем протяжении от одной соединяемой детали до другой». Изредка требуется показать, что экран защищает проводник не по всей длине. В этих

случаях пользуются «продольным» изображением экрана, но концы штриховых линий делают «с отгибом», а сами эти линии — короче ссединительной. Штриховые линии, изображающие экран, в схемной графике рассматриваются как изображение деталей, и к ним допускается присоединение других соединительных линий, показывающих какое-либо подключение, например соединение экрана с корпусом прибора.

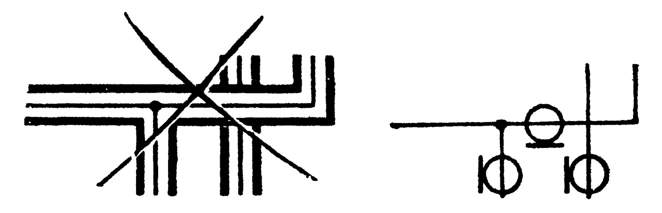
Если экранированию подвергается сразу пучок проводов, то замкнутый контур, изображающий экран, делается в форме сильно



вытянутого овала и охватывает весь ряд параллельных линий, изображающих провода, заключенные в общий экран.

Способность проводов к излучению или приему электромагнитных волн зависит от отношения расстояния между прямым и обратным проводами к длине волны протекающих токов. Если расстояние намного меньше длины волны, излучения или приема почти нет, если она соизмерима с длиной волны и, тем более, превышает ее; провода действуют как антенны. Поэтому токи, имеющие очень высокую частоту и соответственно малую длину волны колебаний, невыгодно передавать посредством обычных проводов. Экранированные провода при обычном исполнении экрана и изоляции, пригодной для низких частот, в этом диапазоне частот работают плохо, наблюдаются большие потери энергии. Поэтому в установках для сверхвысоких частот (СВЧ) часто монтажные соединения выполняют не проводами, а специальными коаксиальными, волноводными или симметричными экранированными линиями.

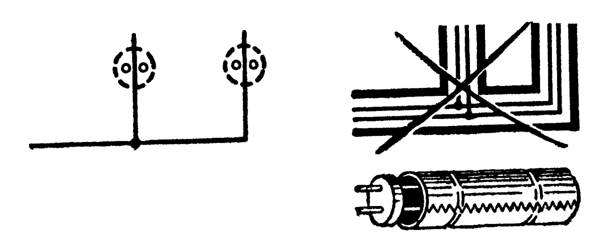
Коаксиальная линия по идее конструкции не отличается от экранированного провода, но центральный проводник в ней используют в качестве прямого проводника, а оболочку — обратного, при-



чем последняя заодно служит экраном. В коаксиальной линии центральный провод и оболочка расположены по одной оси, а изоляция между ними создает в рабочем диапазоне частот сравнительно малые потери. Обозначение коаксиальной линии такое же, как и экранированной, но вместо штриховых линий для обозначения оболочки используют более толстые сплошные линии. Этим подчеркивается, что оболочка является непроницаемой для электромагнитных волн. В ГОСТ принят более условный значок — сплошной кру-

жок с касательной к нему черточкой, аналогичный значку экранированной линии.

Экранированная симметричная линия представляет собой два провода, заключенных в экранную оболочку, причем принимаются специальные меры для обеспечения симметричного расположения проводов и точности их закрепления вдоль линии. По новому ГОСТ для обозначения такой линии ставят значок, представляющий собой штриховую окружность с двумя маленькими кружками внутри нее, т. е. очень схематично, но все же наглядно изображают поперечное сечение системы.



Самые короткие волны (в диапазоне СВЧ) передают по волноводам — трубам, внутри которых распространяются радиоволны. Если в условиях обычной радиопередачи волны распространяются от антенны во все стороны, то при использовании волноводов они оказываются заключенными как бы в длинный узкий туннель и вынуждены двигаться, следуя за всеми изгибами и поворотами волновода.

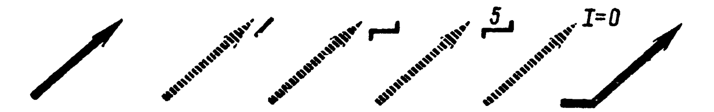
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧКИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Вспомогательные значки позволяют расширить возможности основных символов, использовать один символ для изображения нескольких видоизменений деталей. Особенность вспомогательных значков состоит в том, что они имеют один и тот же смысл вне зависимости от того, с каким условным обозначением они применяются.

Наиболее распространенным значком является стрелка, перечеркивающая символ наискось под углом 45°. Такая стрелка обозначает возможность регулировки отдельного, обычно главного параметра детали, на символе которого она проставлена. Значок этот является очень общим. «Основной параметр данной детали как-то и при каких-то условиях регулируется», — говорит стрелка тому, кто читает схему.

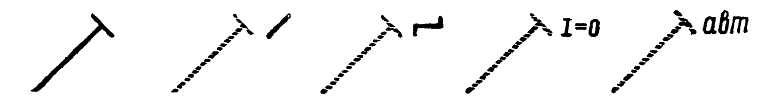
Для уточнения характера регулировки стрелку снабжают еще одним значком. Короткая наклонная черточка у конца стрелки означает, что регулирование осуществляется плавно. Значок, имеющий форму ступеньки, указывает, что регулируемый параметр можно изменять только ступенями, т. е. регулируемая величина может принимать лишь конечное число вполне определенных значений. Если требуется, то над этим значком ставят цифру, указывающую число ступеней регулирования.

Изредка регулирование должно осуществляться только при определенном условии, например при равенстве нулю напряжения ($U=0$) или тока ($I=0$), либо при каком-либо ином. Тогда математическую запись необходимого условия помещают у конца стрелки. Таким же образом у конца стрелки пишут *авт*, если регулировка осуществляется автоматически.



Ряд устройств характеризуется нелинейным законом регулирования. Например, так должна регулироваться громкость в приемниках и телевизорах. Дело в том, что наше ухо, как, впрочем, и все остальные органы чувств, реагируют не на раздражение, а на логарифм раздражения Если не учитывать это и применять регулятор с линейным законом изменения, то при малых громкостях регулировка будет получаться очень резкой, а при больших — еле заметной. Только при нелинейном регуляторе степень его влияния, воспринимаемая субъективно, будет одинаковой при всех его положениях Для обозначения нелинейности регулировки стрелка снабжается изломом и приобретает вид упрощенного графика нелинейного изменения.

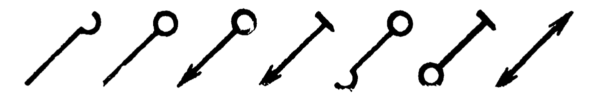
Рассмотренные значки предназначены для случая, когда регулирование осуществляется посредством ручки, постоянно выведенной наружу прибора. Такое регулирование часто носит название «настройка» или «регулировка». Существует и другой вид регулирования, используемый только в период настройки прибора, главным образом в месте его производства, а также во время ремонта.



Органы подобного регулирования имеют обычно название «подстройка», «юстировка», «установка». Ручки таких регулировок выводят наружу редко, а для поворота осей или перемещения других рабочих органов используют отвертки, ключи, цанги и подобные им инструменты. По ГОСТ подстроечное регулирование обозначается наклонной чертой с коротким поперечным штрихом на конце и может снабжаться такими же вспомогательными значками и надписями, как и обозначение простого ручного регулирования.

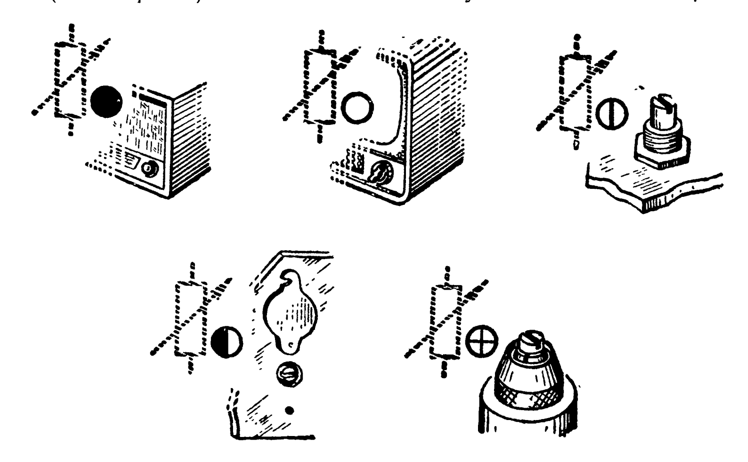
В иностранной литературе, а иногда и в отечественной применялись несколько иные обозначения. Для указания ступенчатой регулировки использовался, например, значок в форме крючка на конце наклонной черты, а управление посредством рукоятки, которую перемещают рукой, указывалось небольшим колечком. Таким образом, если в иностранном журнале встретится символ, перечеркнутый стрелкой с колечком на заднем конце, то это будет означать, что в детали осуществляется плавная регулировка (стрелка) по-

средством выведенной наружу рукоятки (колечко). Если же на заднем конце стрелки поставлена поперечная черта, то это указывает на возможность плавной регулировки посредством инструмента Пересекающая основной символ черта с крючком на одном конце и колечком на другом обозначает ступенчатую регулировку посредством рукоятки, а при замене колечка черточкой — ступенчатую



регулировку, выполняемую инструментом. Автоматическое регулирование в этой системе было принято обозначать двунаправленной стрелкой.

В Советском Союзе длительное время применялась несколько иная система. Любая регулировка обозначалась перечеркиванием основного символа стрелкой. В случае необходимости возле символа (а не стрелки) ставился один из следующих значков: зачернен-

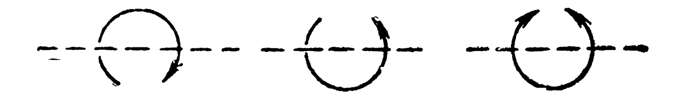


ная окружность — ручка выведена на лицевую сторону прибора; незачерненная окружность — ручка выведена на заднюю сторону; незачерненная окружность с проведенным в ней диаметром — ручка отсутствует, регулировка осуществляется инструментом, причем орган регулирования находится внутри прибора и для работы с ним прибор необходимо вскрывать; окружность, зачерненная наполовину, — регулирование инструментом, не требующее вскрытия прибора; незачерненная окружность с крестом внутри — регулировка любым способом, после которой орган регулирования закрепляется (фиксируется) или пломбируется. Все эти способы обозначения регулировок далеки от совершенства, и можно ожидать, что в них еще неоднократно будут вноситься изменения.

В современном ГОСТ введен новый знак — знак саморегулирования. Он представляет собой просто наклонную черту без каких бы то ни было деталей на концах, перечеркивающую основной символ. Саморегулирование по самой своей идее осуществляется плавно и не может быть обусловлено какими бы то ни было запретами, вроде $U=0$. Поэтому предусматривают только символы линейного или нелинейного регулирования, но зато у символа детали, к которой относится знак саморегулирования, можно ставить буквенное обозначение физической величины, под влиянием которой происходит саморегулирование детали. Нелинейное саморегулирование обозначается наклонной чертой с изломом внизу. На стр. 39 приведены конкретные примеры применения знаков саморегулирования.

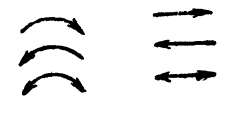


Следующая группа значков, указывающих на характер перемещения подвижных деталей, вычерчивается линиями более тонкими, нежели все остальные части схемы. Три первых значка, — круговые стрелки — показывают направление вращения: по часовой стрелке, против часовой стрелки и в обоих направлениях. Их применяют, например, для указания того, в какую сторону вращается поворотная антенна. При этом стрелка, указывающая на двустороннее вращение, не имеет разрывов, которые в двух предыдущих обозначениях создают иллюзию пространственного расположения. Стрелки должны образовываться дугами, имеющими примерно 300°.



Для указания отклонения или качания, т. е. поворота в пределах ограниченного сектора, служат стрелки в виде дуг протяженностью около 120°. Они тоже могут показывать как одностороннее, так и двустороннее движение.

Линейное перемещение в одну или две стороны указывается прямыми стрелками, исполняемыми тоже тонкими линиями. Нужно отметить, что прямые стрелки в иных символах могут указывать не только на механическое движение, но и на движение в более широком смысле, например передачу сигнала. На символе магнитной головки (см. стр. 90), например, в одном случае прямая стрелка показывает, что сигнал из головки поступает на ленту и, следовательно, это головка записи, а в другом случае стрелка повернута внутрь символа, условно показывая, что сигнал с ленты поступает в головку и, следовательно, последняя является воспроизводящей. Две стрелки, вычерченные параллельно одна другой наклонно у основного символа, указывают, что в данной детали используется фотоэлектрический эффект. Эти стрелки изображают световой поток.



Анализируя множество условных обозначений, придуманных к нашему времени, можно заметить, что все они имеют положительный, утвердительный характер. Только в самое последнее время начали появляться отрицающие знаки. Первым таким знаком оказал-

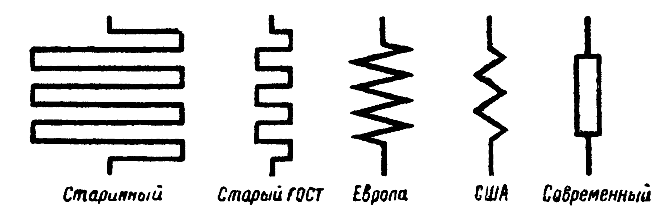
ся крестик внутри символа магнитной стирающей головки, означающий уничтожение записи на ленте, осуществляемое посредством этой головки. Сейчас появился еще один отрицательный знак — черта, наискось перечеркивающая только буквенное обозначение, так что этот знак нельзя спутать со знаком линейного саморегулирования. Этот символ начал получать применение в схемных обозначениях волноводной техники для указания того, какие типы волн подавляют (уничтожают) в данном устройстве.

СОПРОТИВЛЕНИЯ

Электрическим сопротивлением, строго говоря, называют величину, которая характеризует способность проводника или детали препятствовать протеканию электрического тока и измеряется в омах (или производных единицах: килоомах и мегомах). Однако по установившейся практике «сопротивлением» называют также и деталь, в которой сопротивление электрическому току является основным, преобладающим параметром по сравнению с емкостью и индуктивностью.

В детали, которую называют сопротивлением, между двумя выводами (лепестками или проволочками) имеется вещество, характеризующееся относительно большим электрическим сопротивлением. Конструктивно это может быть провод из специального высокоомного сплава, или тончайшая пленка металла, или, наконец, полупроводниковый материал в форме брусочка, трубочки или слоя, нанесенного на основание из стекла или керамики. К настоящему времени перепробовано уже много конструкций, материалов и технологических процессов в производстве сопротивлений, для того чтобы эти детали получались однотипным, а главное с параметрами, которые не менялись бы с течением времени или от изменения температуры.

На заре радиотехники применяли сопротивления только из проволоки. Для удобства и уменьшения габаритов детали провод брали высокоомным и наматывали на какую-либо основу, например, слюдяную пластинку. Вероятно, из рисунка такой пластинки,

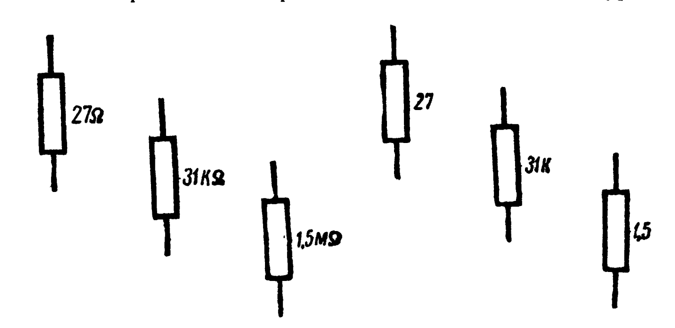


обмотанной проводом, и возник первый символ сопротивления в форме меандровой линии (меандр — египетский графический орнамент). Он применялся в электротехнике длительное время. Однако для радиотехники, где символ сопротивления встречается очень часто, такое начертание его оказалось неудобным. Поэтому как только радиотехника вышла из начального периода своего развития, в литературе появился новый символ в форме зубчатой линии. Но та-

кой же символ в электротехнических схемах того времени уже использовали для изображения катушки индуктивности и самоиндукции вообще. После многих лет споров, сначала в радиотехнике, а затем и во всех других отраслях электротехники, сопротивление стали обозначать длинным узким прямоугольником, и сейчас этот символ принят повсеместно.

Вспомогательные значки и надписи позволяют уточнить параметры и основные элементы устройства сопротивлений, существенные для понимания работы схемы.

На принципиальных схемах чаще всего важно указать числовое значение электрического сопротивления и мощность, которую мож-

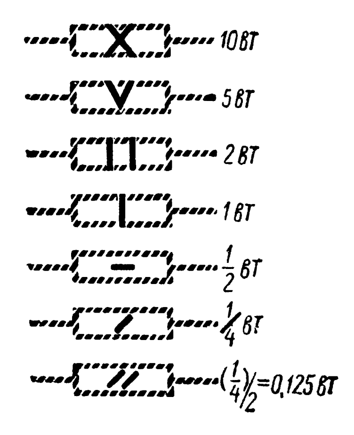


но рассеивать на этой детали без опасения повредить ее. Эти данные в большинстве случаев позволяют выбрать сопротивление даже другого типа, когда при ремонте возникает необходимость заменить его. Значение электрического сопротивления или, как часто неправильно говорят, «величину сопротивления» (ведь сопротивление по определению тоже величина), можно указать краткой надписью. По одной из систем, принятой, кстати, в Массовой радиобиблиотеке, значение сопротивления в омах обозначают числом без запятой и без буквы, значение в килоомах — произвольным числом с буквой *К* (или прежде с буквой *т*), а в мегомах — числом без буквы, но с запятой. Например, число 2, проставленное у сопротивления, означает 2 *ом*, запись 2 *к* — 2 *ком*, а пометка 2,0 — 2 *Мом*. Напомним, что 1 *Мом* = 1 000 000 *ом*, а 1 *ком* = 1 000 *ом*.

Следует иметь в виду, что в английской и американской литературе имеется традиция отделять дробь от целого числа не запятой, а точкой, а нуль в числах, не имеющих целых единиц, там часто вообще не ставят. Поэтому запись .25, проставленная в американском журнале у сопротивления, означает 0,25 *Мом*, а пометка 1.3к — 1,3 *ком*.

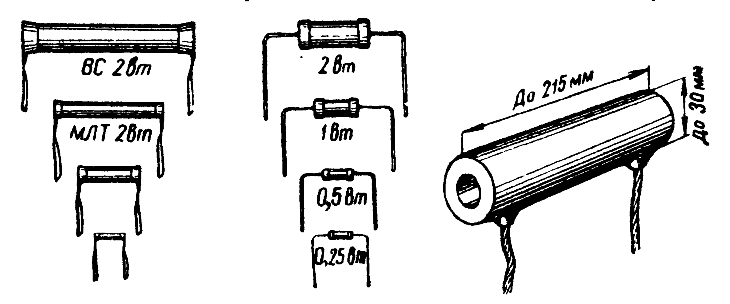
Для указания допустимой мощности применяют в основном две системы. По одной системе мощность указывают текстом, например пишут: «2 *вт*». По другой системе мощность указывают с помощью значков, проставляемых на самом символе сопротивления. Значки, используемые при этом, вполне наглядны, если усвоить их идею. Для мощностей 10, 5, 2 и 1 *вт* они представляют собой обычные римские цифры, для мощностей $\frac{1}{2}$ и $^1/_4$ *вт* — дробную черту, в первом случае горизонтальную, во втором косую. Только сдвоен-

ные черточки, указывающие мощность 0,125 *вт*, выглядят несколько искусственно, изображая две дробные черты одной второй от четверти. Применение указанных значков позволяет в известной мере разгрузить схему от надписей.



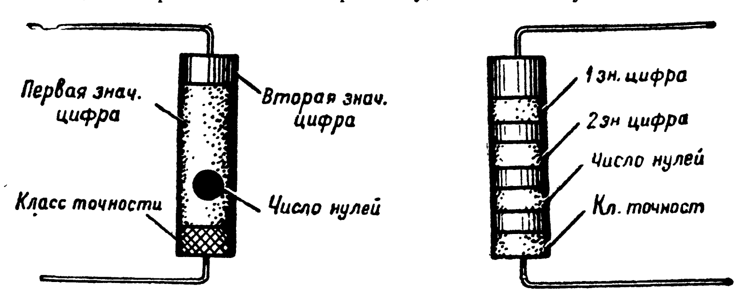
Конструктивное выполнение сопротивлений на принципиальных схемах показывать не принято Поэтому в реальном приборе одному и тому же сходному символу могут соответствовать детали самого различного внешнего вида, хотя и тождественные по значению электрического сопротивления и величине рассеиваемой мощности. В пределах же каждого типа сопротивлений величина детали в основном зависит только от мощности, а значение сопротивления на размерах сказывается исключительно редко.

При мощностях, превышающих 10 *вт*, обычно применяют проволочные сопротивления типа ПЭВ (проволочное эмалированное влагостойкое). Это фарфоровые трубки, обмотанные высокоомным проводом и покрытые сверху слоем стеклоэмали, довольно большие по габаритам. Так, при мощности 150 *вт* длина сопротивления составляет 215, а диаметр 30 *мм*.

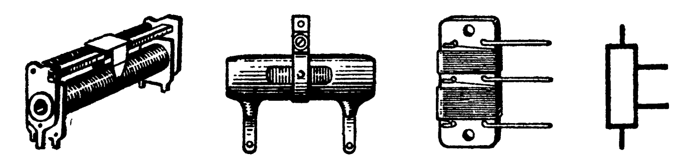


На всех сопротивлениях отечественного производства имеется надпись, указывающая его номинал (т. е. значение сопротивления в пределах допусков) и допустимую мощность рассеяния. Сопротивления же иностранного производства часто обозначают цветными метками. Каждому цвету соответствует определенная цифра: черному — 0, коричневому — 1, красному — 2, оранжевому — 3, желтому — 4, зеленому — 5, синему — 6, фиолетовому — 7, серому — 8 и белому — 9. При этом первая значащая цифра величины в омах изображается цветом корпуса, вторая значащая цифра — цветом пояска у конца, число нулей — цветом пятнышка или пояска посередине. Таким образом, красный корпус (2), черный поясок (0) и зе-

леное пятнышко (5) означают сопротивление 2 *Мом* (два — нуль — пять нулей). Класс точности указывают пояском у другого конца. Золотой цвет этого пояска означает точность ±5%, серебряный ±10%, отсутствие пояска ±20%. Некоторые иностранные фирмы маркируют сопротивления четырьмя цветными поясками у одного из концов сопротивления по принципу, изложенному выше.

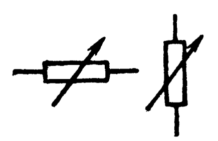


Иногда применяют сопротивления с отводами, у которых, помимо концевых выводов, имеются и дополнительные, присоединенные между концевыми. Эти дополнительные выводы изображают на основном символе, соблюдая порядок подключения, но не отражая пропорции, в которой выводы делят общее сопротивление.



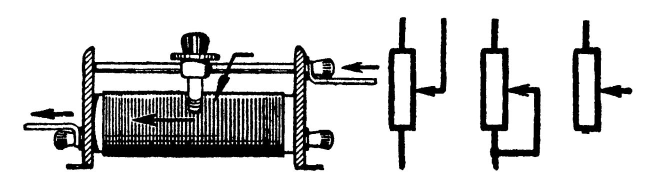
Все, что говорилось выше, относилось к «постоянным», нерегулируемым, сопротивлениям. Помимо них, в радиоаппаратуре самое широкое применение находят «переменные», или регулируемые, сопротивления, устроенные так, что есть возможность в некоторых пределах менять значение их электрического сопротивления между двумя или бо́льшим числом выводов.

Общий символ для регулируемого сопротивления получают из основного символа, перечеркнув его стрелкой, означающей регулирование Эта стрелка при любом положении символа должна быть проведена слева снизу вверх направо, что соответствует привычному направлению движения руки с пером.



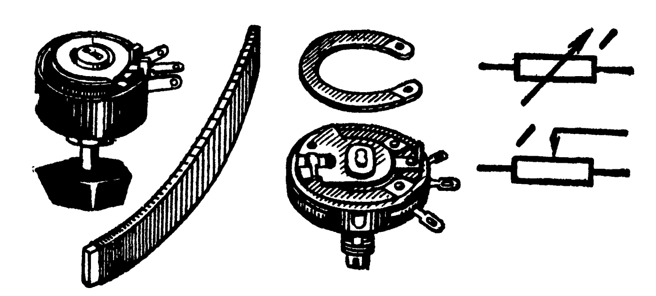
В лабораторной практике и — реже — в промышленной аппаратуре применяют прибор, представляющий собой переменное сопротивление и называемый реостатом, что в переводе с греческого означает буквально «стоящий в потоке». Это керамическая труба, обмотанная высокоомным проводом, по которому может передвигаться пружинный или роликовый ползунок. Таким

образом, оказывается возможным регулировать длину провода, а следовательно, и сопротивления, находящегося в цепи электрического тока. Возможны два способа включения этого электрического прибора. Если присоединить один провод к ползунку, а другой — к концу обмотки, то в процессе регулирования можно сдвинуть ползунок на необмотанную часть фарфоровой трубы и, таким образом, разорвать цепь. А если ввести еще одно соединение между ползунком и другим концом обмотанного провода, то возможность разрыва це-



пи будет заведомо исключена. Это бывает иногда важно сделать, чтобы не повредить другие детали. Когда на схеме нужно подчеркнуть наличие регулировки с разрывом цепи или, наоборот, без разрыва цепи, то вместо общего символа помещают соответственно один из двух показанных здесь символов, повторяющих рисунок реостата почти с портретной точностью.

В большинстве случаев практики, однако, в качестве переменного сопротивления применяют потенциометры (в переводе с греческого «измеряющие, регулирующие мощность»). Потенциометром называют регулируемое сопротивление, имеющее два постоянных вывода от концов и один подвижный от любой точки между концами. Совершенно очевидно, что если не использовать один из крайних выводов, то получится переменное сопротивление типа реостата. Устройство потенциометра находит соответствующее выражение в обобщенном символе — прямоугольнике с тремя отводами, из которых средний снабжен стрелкой.

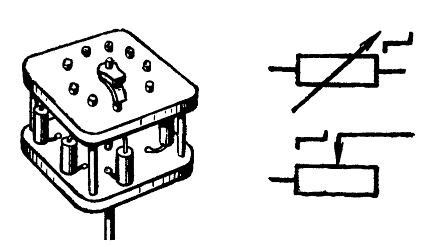


Потенциометры, используемые в радиотехнике, в подавляющем большинстве практических конструкций имеют элемент, образующий сопротивление, в виде незамкнутого кольца. Благодаря этому ползунок совершает круговое движение, а ручку ползунка необходимо поворачивать. Элемент сопротивления в проволочных потенциометрах представляет собой полоску или кольцо изоляци-

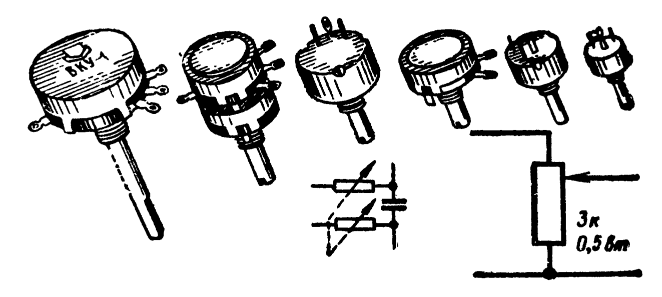
онного материала с высокоомной обмоткой. В непроволочных сопротивлениях этот элемент в большинстве случаев имеет вид дужки, покрытой плохо проводящим слоем и металлизированной на концах, чтобы обеспечить хорошее соединение с выводными контактами.

Потенциометр дает возможность осуществлять плавную регулировку, и если эту плавность необходимо подчеркнуть, то на символе у конца стрелки ставят наклонную черточку.

К сожалению, скользящий контакт в потенциометре или реостате является наиболее ненадежным и уязвимым местом конструкции и порой служит причиной выхода этих деталей из строя В тех случаях, когда необходимо обеспечить длительную и надежную работу, и это не противоречит требованиям эксплуатации и производства, плавное регулирование заменяют ступенчатым. Можно, например, сделать переключатель и между контактами его включить постоянные сопротивления. При повороте ручки в цепь будет включаться то или иное число последовательно соединенных постоянных сопротивлений. Чтобы не загромождать схему изображением переключателя и ряда сопротивлений, на символе потенциометра или реостата ступенчатый характер регулирования помечают стандартным знаком



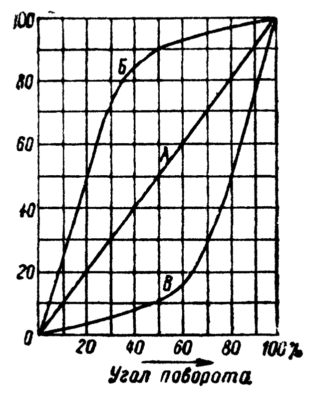
Потенциометры, наиболее широко применяемые в аппаратуре, являются такими же типовыми деталями, как постоянные сопротивления и конденсаторы. Возле символов потенциометров также указывают номинал сопротивления и допустимую мощность рассеивания.



В тех случаях, когда два (или больше) потенциометра связаны общей осью, на схеме стрелки их соединяют штриховой линией.

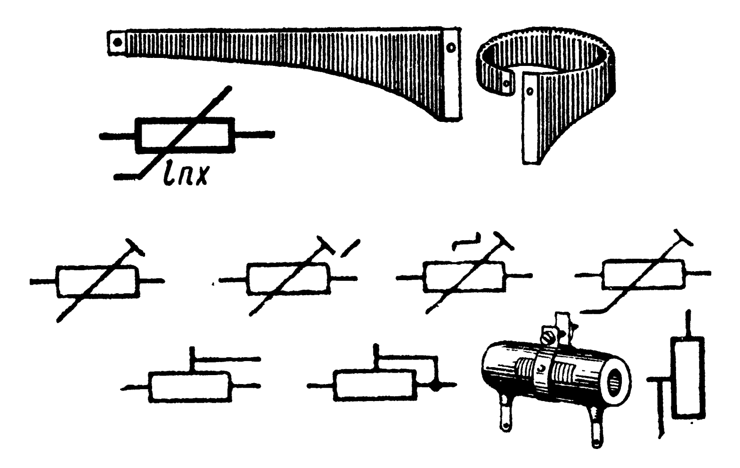
По своей конструкции потенциометры делятся на несколько типов, различающихся габаритами, тщательностью исполнения, надежностью работы и постоянством параметров. А между потенциометрами одного и того же типа может быть различие в том, по какому закону изменяется сопротивление при повороте рукоятки. В соответствии с общепринятыми нормами существует три вида

законов изменения значения сопротивления: линейный (А), логарифмический (Б) и показательный (В). О том, как меняется сопротивление в зависимости от угла поворота оси для каждого вида закона, можно судить по приведенному здесь графику. Линейный закон изменения на схемах отмечать не принято; что же касается нелинейного закона изменения, то для указания его на схеме стрелку соответствующего символа чертят с изломом. При желании уточнить характер нелинейности пишут соответствующее выражение функциональной зависимости.



Чтобы получить нужный закон изменения сопротивления, в конструкции потенциометра не требуется производить больших изменений. В проволочных потенциометрах намотку полоски ведут с изменяющимся шагом или саму полоску делают изменяющейся ширины. В непроволочных потенциометрах с этой же целью должным образом меняют толщину или состав покрытия дужки по длине.

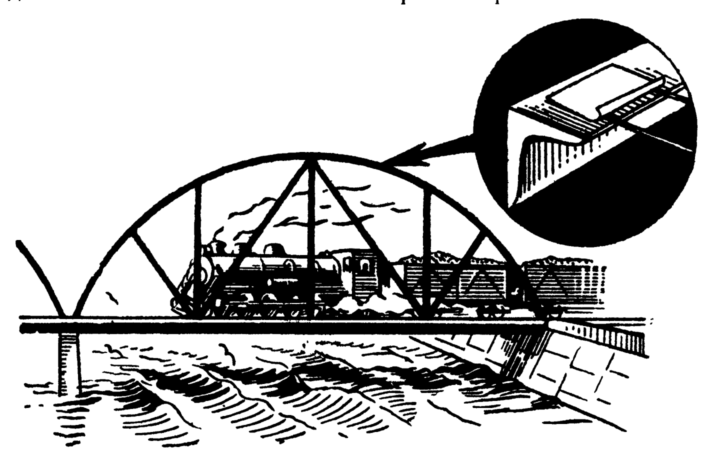
В ряде случаев оси потенциометров не выводят наружу прибора или предназначают их для регулировки с помощью специальных инструментов, т. е. выполняют, как регулировки подстроечного характера. В соответствии с прин-



ципами, изложенными на стр. 28, при изображении их на схемах вместо стрелок используют знак подстроечного регулирования. Иногда в качестве подстроечного сопротивления используют сопротивление типа ПЭВХ (т. е. ПЭВ с хомутиком).

Рассмотрим еще один класс сопротивлений, встречающихся гораздо реже и основанных на принципе саморегулирования под влиянием внешних, часто неэлектрических воздействий. Этих сопротивлений существует несколько типов.

При измерении деформаций и внутренних усилий в различных механических конструкциях и использовании для этого электрических методов широкое применение находят тензометры, что в переводе с английского означает «измерители растяжения». Таким



тензометром может служить тонкая изолированная проволочка, прочно прикрепленная к тому конструкционному элементу, у которого требуется измерить деформацию, например к балке моста. Стоит такому элементу деформироваться, как проволока начинает испытывать упругую деформацию растяжения и поперечное сечение ее изменяется, хотя и незначительно. Соответственно изменяется и сопротивление. Таким образом, действие механического усилия на конструкционный элемент вызывает в конечном итоге изменение сопротивления, а последнее можно исследовать уже чисто электрическими методами.

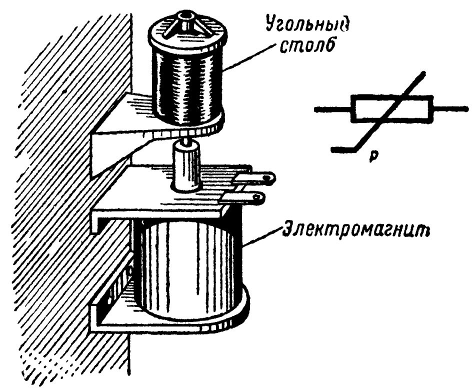
Аналогичным образом действует угольный столб (пакет угольных шайб), используемый в регуляторах напряжения. Этот столб может быть сжат тягой, связанной с электромагнитом. Чем больше напряжение, приложенное к обмотке электромагнита, тем сильнее сжимается угольный столб и тем меньшим становится его сопротивление.

На принципиальных схемах тензометры сопротивления, угольные столбы и подобные им детали изображают символом саморегулирующегося нелинейного сопротивления, зависящего от силы P.

Гораздо чаще в электронной аппаратуре, особенно измерительной, используют другое нелинейное саморегулирующее сопротивление — термистор (название, введенное одной американской фирмой и потом принятое повсеместно). Это непроволочное сопротивление с хорошо проявляющейся зависимостью сопротивления от темпе-

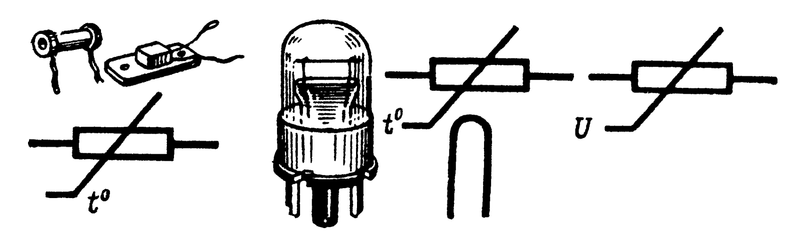
ратуры (термосопротивление). Термисторы находят применение для многих целей автоматического регулирования и измерений в радиоэлектронной аппаратуре, особенно работающей на СВЧ. Например, по сопротивлению термистора можно судить о температуре сопротивления нагрузки передатчика, а следовательно, о мощности, которую последний способен отдавать.

На схемах термистор изображают, как нелинейное саморегулирующееся сопротивление, зависящее от температуры. Когда в терми-



сторе предусматривается косвенный подогрев, символ подогревателя в виде дужки изображают рядом с символом сопротивления.

Для целей автоматического регулирования используют и другое нелинейное сопротивление — варистор. У него величина сопротивле-



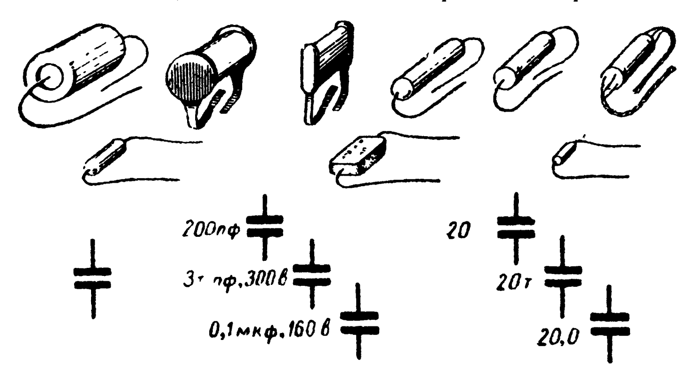
ния зависит от приложенного напряжения. Желая изобразить варистор, у символа нелинейности пишут букву *U*.

При замене поврежденных сопротивлений необходимо в первую очередь заботиться о сохранении номинала сопротивления (его «величины») и о том, чтобы мощность устанавливаемого сопротивления была не меньше, чем у того, которое заменяется. Увеличение или уменьшение номинала может существенно изменить распределение напряжений в приборе, а слишком малая допустимая мощность рассеяния — вызвать перегрев детали. При замене переменных сопротивлений нужно следить за тем, чтобы сохранялся закон изменения.

КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсатор представляет собой деталь, основным параметром которой является емкость, т. е. величина, характеризующая свойство накапливать заряды или в цепи переменного тока проявлять себя, как сопротивление, величина которого падает с ростом частоты. В конденсаторе имеются по крайней мере две металлические пластины или вообще проводящие поверхности, разделенные диэлектриком. Поэтому основной символ конденсатора — две толстые параллельные линии. Наиболее часто применяются конденсаторы постоянной емкости.

Основными параметрами конденсатора, которые принято указывать на схемах, являются емкость и рабочее напряжение. Это



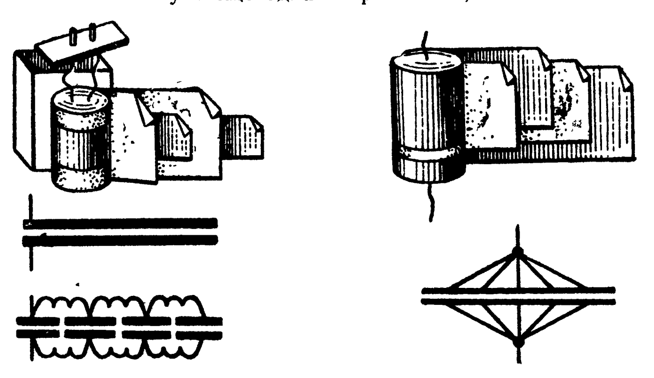
естественно, поскольку только определенная емкость гарантирует нормальное функционирование всего устройства, а величина рабочего напряжения обеспечивает отсутствие пробоя диэлектрика. Пробой всегда может случиться, если фактически действующее напряжение окажется выше того, на которое рассчитана деталь.

Значения емкости и рабочего напряжения пишут на схеме рядом с символом конденсатора. Как и для сопротивлений, существует сокращенная запись значения емкости. Емкость до 10 000 *пф* указывают числом пикофарад, а бóльшую емкость — числом микрофарад. Таким образом, запись 20 у символа конденсатора означает 20 *пф*, а пометки 0,02 и 2,0 значат соответственно 0,02 и 2,0 *мкф*. Рабочее напряжение указывают в скобках, например (450 *в*).

Замену одного типа конденсатора другим, даже при полном тождестве их емкостей и рабочих напряжений, можно производить далеко не всегда. Дело в том, что работоспособность конденсатора на конкретном участке устройства зависит от еще одного важного фактора. Им являются электрические свойства диэлектрика, главным образом потери в нем на рабочей частоте. У каждого диэлектрика потери увеличиваются с ростом частоты и сводятся к нагреву всего объема изолятора, но у различных материалов это происходит по-разному. Бумажная изоляция на радиочастотах характеризуется относительно высокими потерями, слюдяная — гораздо меньшими. Поэтому если в некоторой высокочастотной цепи вклю-

чен слюдяной конденсатор, то очень часто его нельзя заменить конденсатором с бумажной изоляцией без заметного нарушения работы устройства. Изменение потерь в деталях по-разному влияет на протекание процессов. Есть узлы, например, фильтры анодных цепей, в которых потери в конденсаторах не сказываются существенно на работе прибора. Зато в конденсаторах колебательных контуров, работающих на высокой частоте, возрастание потерь притупляет резонансные свойства контура и ухудшает способность контура выделять колебания определенной частоты.

При замене конденсаторов сравнительно большой емкости, особенно если они включены в цепи высоких и сверхвысоких частот, может возникнуть еще одна неприятность, связанная с особенностями конструкции этих конденсаторов. Большую емкость получают применением рулона из двух полос металлической фольги (тонко прокатанного листа), изолированных непроводящими прокладками. В некоторых типах подобных конденсаторов выводные проводники присоединены к концам металлических полос. Так как эти полосы имеют большую длину, сказывается их индуктивность. Ведь прежде чем ток попадет к другому краю полосы и создаст там заряд, он должен пробежать по длинному проводнику — остальной части полосы Эта «собственная» индуктивность конденсатора начинает сказываться на радиочастотах и проявляется в кажущемся уменьшеции емкости, поскольку такая индуктивность, действуя как дроссель, не пропускает заряды к другому концу полосы.

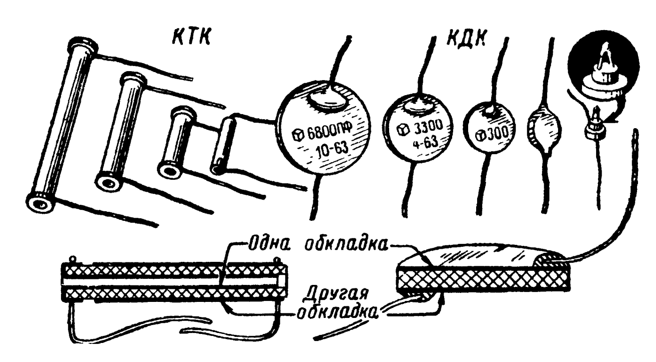


В конденсаторах, получивших название «безындукционных», устройство несколько иное; полосы фольги сдвигают так, чтобы край одной из них выступал в одну сторону, а край второй — в противоположную. Торцы рулончика пропаивают и заодно припаивают к ним выводные проводники. Таким образом, получается, что в каждой полосе ток подводится сразу ко многим точкам по ее длине.

Если в приборе предусмотрен безындукционный конденсатор, то замена его другим, обладающим заметной индуктивностью может вызвать заметные нарушения нормальной работы.

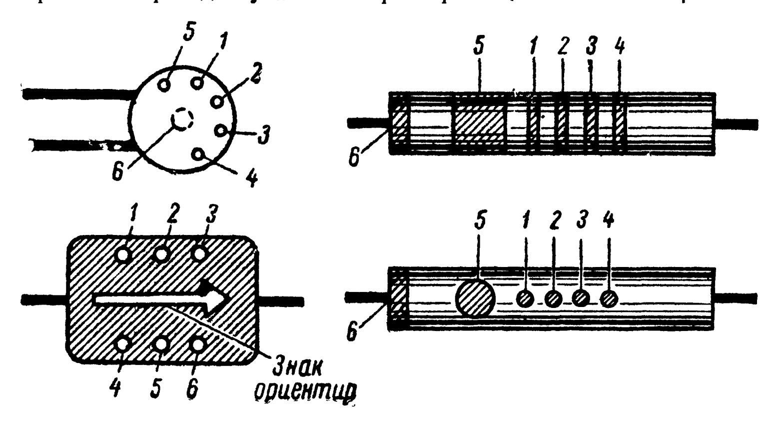
Еще один параметр конденсаторов нужно иметь в виду при замене — температурный коэффициент емкости (ТКЕ). По разным

причинам емкость конденсатора изменяется при изменении температуры. ТКЕ показывает относительное изменение емкости. В одних цепях, например при переходе с одного каскада на другой небольшие изменения емкости практически не сказываются на работе радиотехнического устройства. В других же цепях например в колебательных контурах, незначительное изменение емкости может иметь весьма неприятные последствия. Во избежание этого в контурах высокой частоты и некоторых других элементах устройств



часто в дополнение к другим конденсаторам или самостоятельно используют керамические конденсаторы со строго заданным ТКЕ. При этом так подбирают комбинацию конденсаторов с разными, в том числе отрицательными, ТКЕ, чтобы изменение температуры не сказывалось на частоте настройки контура. ТКЕ керамических конденсаторов указывают цветом нитрокраски, которой их покрывают в целях защиты от влияния влаги. Значения цветов приведены в следующей таблице.

Цветная маркировка применяется иногда в конденсаторах иностранных марок для указания параметров. Цветные метки простав-

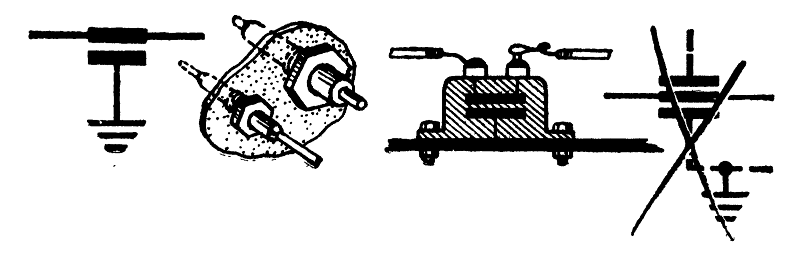


Цвет	Черный	Коричневый	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Синий	Голубой	Фиолетовый	Серый	Белый	Золотой	Серебряный	Натуральный (без окраски)
Цифра	0	1	2	3	4	5	6	—	7	8	9	—	—	—
Множитель . . .	1	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	—	10^7	10^8	10^9	—	—	—
Класс точности .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±2%	±5%	±10%	±20%
Рабочее напряжение, *кв* . . .	—	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	—	3,0	5,0	7,0	—	—	—
ТКЕ (относительные изменения на 1°С)$\cdot 10^{-6}$.	—	—	—700	—600	—	—	+110	—50	—	+30	±50	±100	±200	—

ляют в виде точек или полосок на корпусе конденсатора, причем метки означают: 1 — разряд десятков числа емкости; 2 — разряд единиц числа емкости; 3 — множитель числа емкости; 4 — допуск емкости; 5 — ТКЕ; 6 — рабочее напряжение. На некоторых типах, кроме того, ставят метки 7, указывающие вывод от наружной обкладки; 8 — рабочий диапазон температур и 9 — знак военного стандарта. Значения цветов расшифровывают по табличке. Кроме меток, иногда ставят также указатель, наглядно поясняющий, в каком порядке следует читать метки. По параметрам, значения которых не приведены в таблице, различные фирмы применяют разные системы цветных меток.

Таким образом, если на конденсаторе три первые метки красного цвета, а две остальные — белого, то это означает, что он имеет емкость 2 200 *пф*, допустимое отклонение от номинала ±2% и рабочее напряжение 7 *кв*. Некоторые иностранные фирмы ставят также дополнительные метки класса вибростойкости и др.

Иногда встречается видоизменение основного символа конденсатора: к черточке, изображающей одну из пластин, подведены две соединительные линии, а не одна. Это — обозначение так называемого проходного конденсатора. Два вывода в нем замкнуты

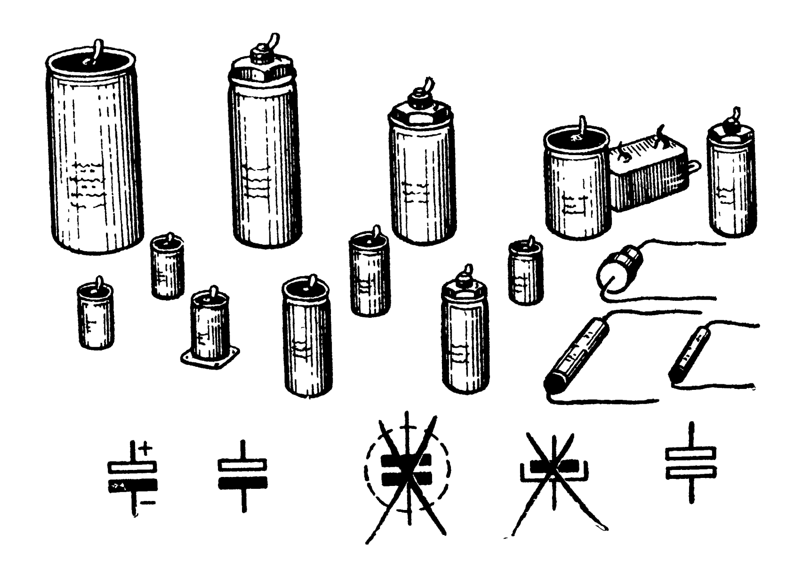


между собой и присоединены к одной обкладке, а вторая обкладка замкнута на металлический корпус, который монтируется на экранной стенке прибора. Такая конструкция, представляющая собой по сути емкостный фильтр, позволяет вывести через экран постоянное напряжение и одновременно замкнуть на экран через емкость все переменные токи высокой частоты. Прежде проходной конденсатор изображали посредством трех черточек увеличенной толщины и притом совместно с условным изображением экрана. В настоящее время экран часто не показывают, хотя проходной конденсатор, если он имеется, изображают обязательно.

Другим видоизменением является символ электролитического конденсатора. В нем одна «пластина» остается незачерненной и обозначает положительный вывод, причем разрешается для надежности понимания проставлять еще и знаки полярности. Особенностью электролитических конденсаторов является использование в качестве диэлектрика тончайшей оксидной пленки, образующейся на поверхности одной из пластин, погруженных в специальный электролит в процессе формовки током на заводе. Подавляющее большинство типов электролитических конденсаторов полярны; их можно включать только в цепь постоянного или пульсирующего тока и, что особенно существенно, обязательно с соблюдением полярности.

Неправильное включение вызывает пробой, а иногда и взрыв конденсатора. Поэтому на схеме важно указать специфическую конструкцию конденсатора и полярность его включения.

По старой системе обозначений электролитический конденсатор обозначали основным символом в штриховой окружности с обязательной простановкой знаков полярности. В иностранной литературе встречается иное изображение: отрицательная пластина представлена тонкой линией, концы которой как бы охватывают символ положительной.

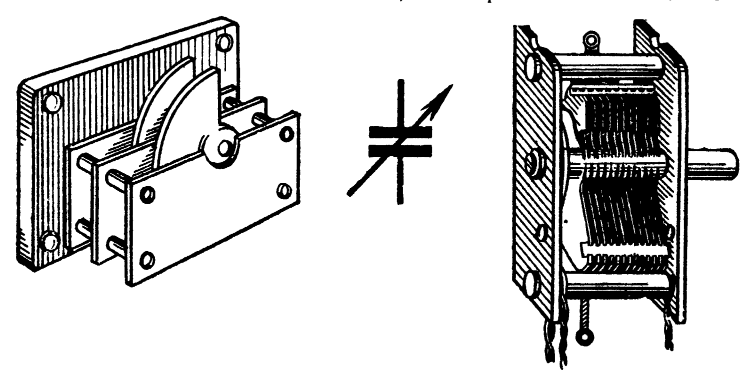


Изредка в электронной аппаратуре встречаются неполярные электролитические конденсаторы, т. е. такие, которые можно включать в цепь переменного тока. В их условном обозначении обе «пластины» оставляют незачерненными.

Помимо конденсаторов постоянной емкости, имеется обширная категория конденсаторов переменной емкости. Символ таких конденсаторов получают из основного символа, добавляя перечеркивающую стрелку. Как всякий символ, и этот не отображает реальной конструкции. Последняя может быть выбрана по самым различным принципам. Наибольшее распространение получили конденсаторы, состоящие из двух групп пластин. Одну группу, неподвижную, и поэтому называемую статорной, закрепляют на шасси или панели прибора. Вторую группу, роторную, выполняют так, чтобы ее пластины входили между пластинами статора, оставаясь изолированными от последнего. Часто в качестве изоляции используют воздух. Его электрическая прочность довольно велика и при нормальном давлении составляет около 3 *кв* на каждый миллиметр толщины. В других конденсаторах между статорными и роторными пластинами помещают тонкие листочки твердого диэлектрика, например

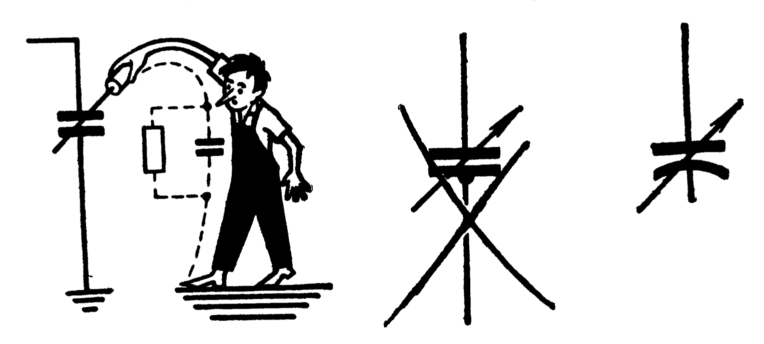
фторопласта или стирофлекса — искусственных изоляционных пластмасс. Такие конденсаторы с твердым диэлектриком благодаря их компактности часто применяются в карманных приемниках.

Ось роторных пластин непосредственно или через замедляющую передачу связывают с ручкой настройки. Поскольку оператор, берущийся за эту ручку, заземлен или во всяком случае имеет значительную емкость относительно земли, необходимо, чтобы роторные пластины тоже были заземлены, иначе прикосновение оператора



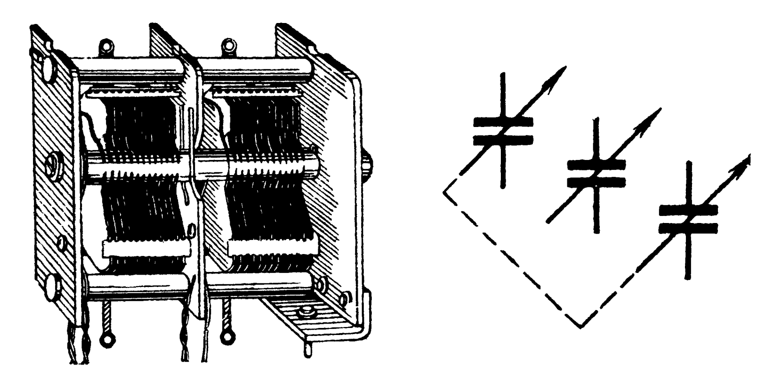
может расстроить работу прибора. Кроме того, случайное прикосновение к арматуре, находящейся под напряжением в таких высоковольтных цепях, какие встречаются, например, в передатчиках создает для оператора угрозу подвергнуться удару током. Поэтому в ряде случаев на схеме важно указать, какая часть конденсатора обязательно должна быть роторной. В прежней системе обозначений ее указывали точкой. Теперь и у нас, и за рубежом роторную часть на символе изображают в форме толстой изогнутой черты.

В иностранной литературе, однако, изогнутой чертой в символе постоянного конденсатора часто обозначают, что именно с этой стороны при монтаже должен быть вывод от наружной обкладки конденсатора, например рулонного или трубчатого типа, а если конденсатор электролитический — от катодной (отрицательной) обклад-



ки. Таким же образом в некоторых иностранных изданиях обозначают обкладку проходного конденсатора, предназначенную для присоединения к экрану.

В приемниках, а иногда и в передатчиках имеются блоки, содержащие несколько колебательных контуров, причем все эти контуры время от времени требуется настраивать заново либо на одну и ту же частоту, либо с определенной разницей в частотах. Для упрощения процесса такой перенастройки стремятся объединить на одной



ручке регулировку конденсаторов всех контуров. Поскольку по чисто технологическим трудностям невозможно изготовить несколько конденсаторов со строго одинаковым графиком изменения емкости по углу поворота ротора, применяют конденсаторы с такой формой пластин, которая сохраняет одинаковой частоту настройки контуров, несмотря на разницу в начальных емкостях конденсаторов.

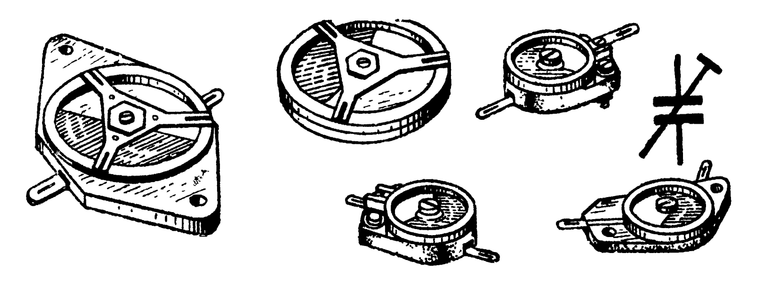
Объединение конденсаторов в один блок осуществляется чисто конструктивными приемами, например закреплением всех роторов на общей оси или соединением их через зубчатую передачу. На схеме такая связь может быть и не отображена, как относящаяся к конструкции. Если же эту связь все же нужно показать, то осуществляют это, соединяя символы конденсаторов переменной емкости штриховой линией. При этом продолжают направления стрелок, символизирующих изменение емкости, а затем эти штриховые линии соединяют посредством соединительной, тоже штриховой прямой.

Иногда встречаются так называемые дифференциальные конденсаторы (слово «дифференция» означает различение, разность). Дифференциальные конденсаторы имеют две группы статорных

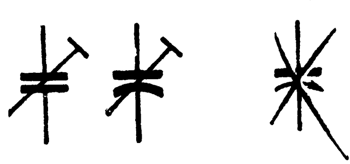


пластин и одну — роторных, причем конструкция выполнена так, что при повороте роторные пластины выходят из одного статора и вводятся в другой. Прежние символы хорошо отражали это. Новый символ имеет три толстые черты, средняя из которых изображает ротор. В современной практике дифференциальные конденсаторы применяют главным образом в измерительной аппаратуре.

Последнюю, обособленную, группу составляют подстроечные (полупеременные) конденсаторы, которые иногда называют также триммерами (по английски буквально: «тот, кто балансирует, урав-



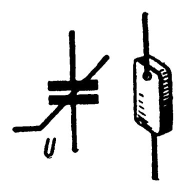
новешивает»). Термин «подстроечный» указывает, что в этом конденсаторе емкость изменяют только в период настройки прибора, а все время эксплуатации она остается неизменной. Ось подстроечного конденсатора обычно предназначена для управления с помощью инструмента — отвертки или ключа. А если на оси устанавливают ручку, то ее размещают внутри прибора, так что она доступна только тогда, когда прибор разобран. Подстроечные конденсаторы могут иметь такую же конструкцию, как и конденсаторы переменной емкости, однако чаще в практике применяют стандартные подстроечные керамические конденсаторы типов КПК-1, КПК-2 и КПК-3. Каждый такой конденсатор состоит из керамического основания с нанесенным на него в виде полукруга слоем серебра и поворотной керамической крышечки, у которой половина наружной плоскости также посеребрена. Таким образом, между двумя слоями металла оказывается тонкий слой высокочастотной керамики, причем имеется возможность регулировать площадь, на которой эти металлические слои (обкладки) перекрываются.



Для условного обозначения подстроечных конденсаторов используют основной символ совместно со знаком подстроечного регулирования (см. стр. 28). Раньше в символе подстроечного конденсатора роторную деталь изображали дугообразной стрелкой.

В последние годы в практику входят вариконды — конденсаторы на базе специальной керамики (например, титаната бария), которая отличается тем, что ее диэлектрическая проницаемость зависит от напряжения, приложенного к обкладкам. Так как емкость конденсатора прямо пропорциональна диэлектрической проницаемо-

сти использованного в нем изолятора, в вариконде емкость будет изменяться в зависимости от постоянного напряжения, поданного на обкладки. Открывается возможность регулировать емкость конденсатора чисто электрическими способами. Вариконды можно применять как элементы настройки и как модуляторы. Нелинейный характер емкости таких деталей на символе указывают особым знаком нелинейности, зависящей от напряжения. Конструктивно такие конденсаторы ничем не отличаются от обычных керамических.

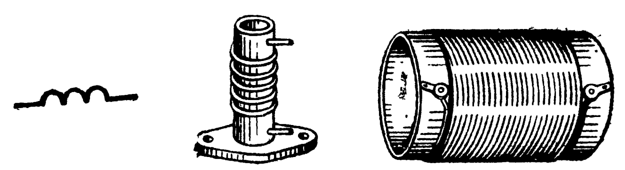


КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

У катушек главным параметром является индуктивность, численно учитывающая способность катушки препятствовать всякому изменению тока в ее цепи. Этой способностью она обязана явлению самоиндукции, которое возникает за счет воздействия изменяющегося магнитного поля проводника на этот же проводник. В результате такого воздействия в проводнике наводится э.д.с. самоиндукции, направленная навстречу той э. д. с., которая первоначально вызвала ток.

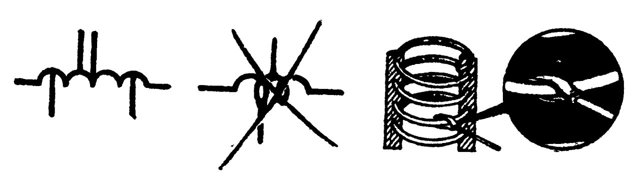
Самоиндукция оказывается тем больше, чем длиннее проводник и чем больше витков он образует. Таким образом, катушки индуктивности являются моточными деталями.

В отличие от сопротивлений и конденсаторов катушки не выпускают в виде типовых нормализованных деталей, а для каждого прибора их рассчитывают и изготовляют отдельно. Однако в любой катушке обязательно имеется провод или полоска металла, свернутая по винтовой линии, так что магнитное поле каждого витка пересекает все остальные витки и наводит в них э. д. с. самоиндукции. Принцип подобной конструкции и изображается символом



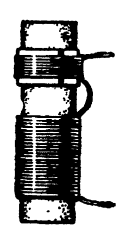
Возникновение и развитие этого символа рассматривались выше.

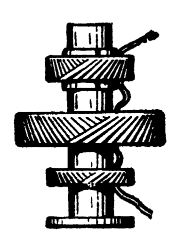
Когда от отдельных витков в катушке сделаны отводы, их изображают присоединением линий, представляющих проводники, четырьмя способами, как показано на рисунке. В прежнем символе .выводы изображали только двумя способами. Если отвод сделан



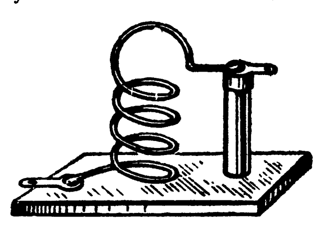
не постоянным, а имеет вид «щупа» или ползунка, то его изображают стрелкой.

При соединении катушек последовательно индуктивности их суммируются. Однако если катушки расположены достаточно близко одна к другой, то своими магнитными полями они оказывают взаимное влияние. В результате этого их общая индуктивность отличается от простой суммы индуктивностей отдельных катушек. Величина и знак разницы зависят от взаимного расположения маг-





нитных полей, т. е. от взаимной ориентировки катушек и от того, какими концами они соединены. Это обстоятельство используют для подстройки или регулировки индуктивности. Например, для подстройки однослойной катушки часть ее наматывают на манжету, надетую на каркас, так что эту часть можно передвигать, а после установки в положение, обеспечивающее нужную индуктивность, — зафиксировать каплей лака или клея. По этим же соображениям многослойные катушки выполняют из нескольких секций, соединенных последовательно и передвигаемых в ходе регулировки.

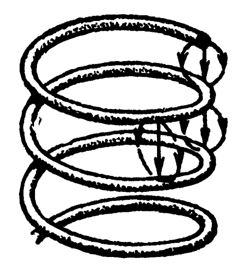


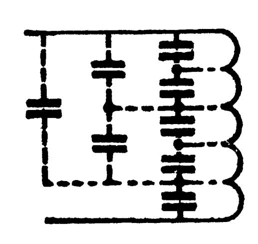
В катушках для контуров диапазонов коротких и ультракоротких волн число витков невелико, а провод достаточно толст, и часто можно обойтись вообще без каркаса. Регулировку индуктивности в таких бескаркасных катушках можно осуществлять, подгибая один из витков или растягивая катушку по оси.

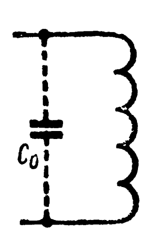
Подобные приемы подгонки индуктивностей, используемые в ходе наладки аппаратуры после ее изготовления, на принципиальных схемах отображать не принято, поскольку это тонкость технологического, а не принципиального характера. Не принято отражать на принципиальных схемах и ряд других сведений о конструкции катушек: число витков и способ намотки, диаметр провода и его изоляцию, размеры, конфигурацию и материал каркаса. Все эти данные, если они нужны для последующего изготовления, приводят в описании схемы, помещая там соответствующий текст и конструктивные чертежи. В условиях производства указанные данные излагают в отдельных конструктивных чертежах.

Нужно учитывать, что способ намотки сильно сказывается на собственной емкости катушки. Действительно, общее напряжение, приложенное к катушке, разбивается на межвитковые напряжения. В каждом сечении по образующей катушки между витками, как

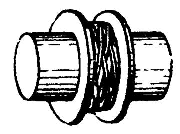
результат этого напряжения, возникает электрическое поле, вызывающее скопление зарядов на взаимодействующих участках проводов. Иными словами, элементы провода катушки действуют как обкладки множества конденсаторов. Получается, что к катушке как бы подключен ряд маленьких конденсаторов. Общее действие их равноценно действию собственной емкости. Эта емкость, незримо присутствующая в каждой катушке, может быть причиной самых неожиданных для неопытного человека явлений, например резонан-

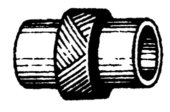


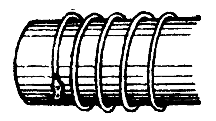




са в отключенной от всего катушке. Такая катушка, находящаяся вблизи другой, работающей катушки, неожиданно начинает отсасывать на себя энергию на частоте собственного резонанса. Чем меньше в катушке соприкасаются витки, тем меньше эта емкость. Следовательно, способ намотки, не сказываясь почти на индуктивности, сильно влияет на собственную емкость катушки Часто поэтому применяют неорганизованную или хаотическую намотку «внавал», при которой витки накладывают как попало и они во многих случаях





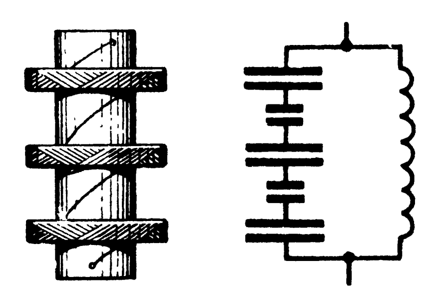


оказываются расположенными накрест, соприкасаясь только в отдельных точках, а не по всей длине. В катушках фабричного производства для получения малой собственной емкости применяют намотку типа «Универсаль» При этом провод укладывают зигзагом, создавая множество пересечений. В катушке с небольшим числом витков их часто укладывают с принудительным шагом, соблюдая определенные интервалы между соседними витками. Тогда собственная емкость получается малой за счет большого промежутка и большой толщины диэлектрика между обкладками элементарных конденсаторов.

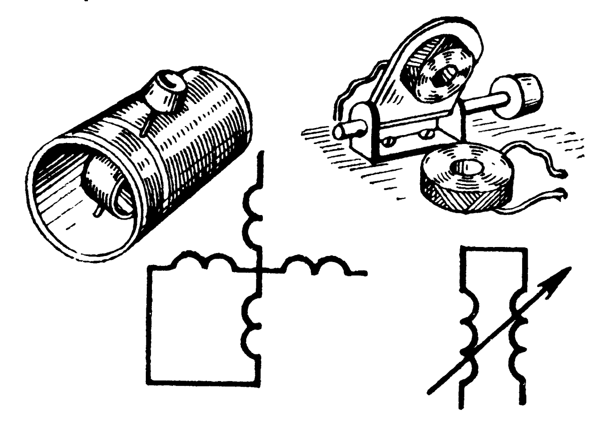
В многовитковых катушках собственную емкость уменьшают путем секционирования. Между отдельными секциями емкость получается малой и входит последовательно в цепочку собственных емкостей (см. след. рисунок), а при последовательном включении емкость получается меньше меньшей.

Желая получить индуктивность, регулируемую по величине, применяют конструкцию, известную под названием вариометра.

Две последовательно включенные катушки объединяют в один узел так, чтобы одна из них могла менять свое положение относительно второй. Поворачивая ручку, можно изменять взаимное влияние катушек, а следовательно, и общую их индуктивность. На принципиальных схемах вариометр изображают двумя способами: в виде



двух простейших символов, связанных знаком регулирования, или тех же символов, но расположенных взаимно перпендикулярно и уже без стрелки.

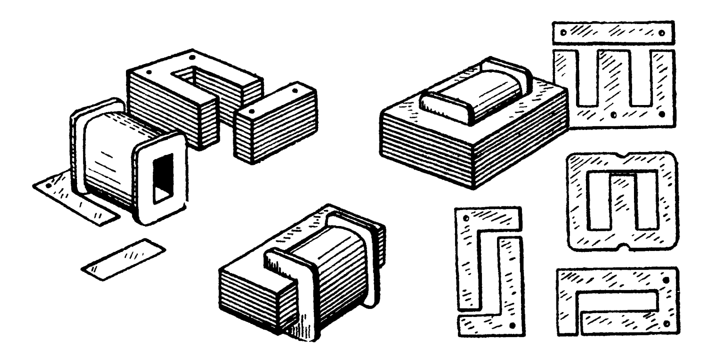


Широкое распространение в технике получили катушки с сердечниками из ферромагнитных или немагнитных металлов.

Ферромагнитные сердечники, концентрируя магнитное поле в катушке и уменьшая сопротивление магнитному потоку, увеличивают этот поток, а соответственно и индуктивность катушки. Так как катушка работает в цепи переменного тока, массивный сердечник применять нельзя: в нем имеются пути для образования вихревых токов. Последние возникают как результат пересечения изменяющимся магнитным полем замкнутых участков поперечного сечения магнитопровода и резко увеличивают тепловые потери в сердечнике. Для устранения таких потерь сердечник делают из отдельных изолированных пластинок. Изоляция между слоями стали

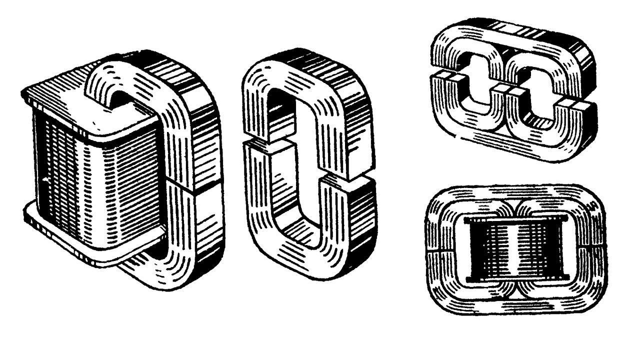
при этом оказывается на пути вихревых токов и значительно снижает потери. Кроме того, подбирают специальные сорта стали, обладающие достаточно хорошими магнитными свойствами, но относительно большим сопротивлением электрическому току, что тоже способствует уменьшению вихревых токов.

По производственным соображениям катушку удобно наматывать отдельно, а уже затем вставлять сердечник. В настоящее время наибольшее распространение имеют сердечники с Г-, П- и Ш-образными пластинами, лакированными с одной стороны. Применя-



ют также такую форму пластин, при которой для укладки их в катушку приходится один из элементов отгибать. Штампованные фигурные пластины сердечника приходится набирать в катушке вручную.

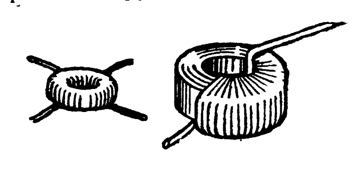
Теперь все шире применяют витые сердечники. Их наматывают из тонкой стальной ленты на токарном станке, а затем проклеи-



вают, разрезают поперек, зашлифовывают места разреза и после этого собирают вместе с намотанной катушкой. Такая конструкция уменьшает долю ручного труда.

Все места стыков, все зазоры в сердечниках являются районами, где магнитное поле выходит из сердечника наружу, создавая так называемое поле рассеяния, которое в большинстве случаев прак-

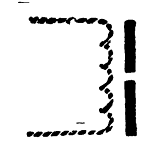
тики является вредным. Поэтому в ряде приборов, особенно измерительных, в которых это поле может вызвать нежелательные наводки, применяют тороидальные сердечники, не имеющие зазоров (тором или тороидом называют геометрическое тело, напоминающее бублик и являющееся результатом вращения круга вокруг оси, не проходящей через эту фигуру; реальные сердечники имеют сечение не только в форме окружности, но и иной фигуры, например квадрата, и, строго говоря, их уже нельзя называть тором). Сердечник такого типа не разбирается на части, и катушку приходится наматывать непосредственно на сердечник. При ручной намотке сначала провод наматывают на специальный челнок, а затем этим челноком «прошивают» тор, накладывая за один прошив один виток. Для облегчения такой намотки придуманы специальные станки.



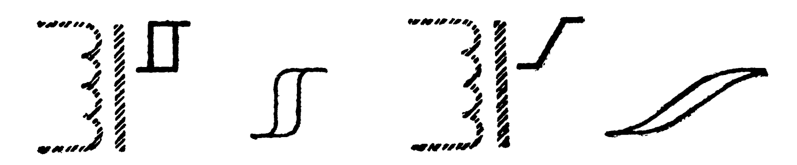


Сердечник из магнитного материала теперь условно изображают толстой сплошной линией. Еще недавно для обозначения такого сердечника пользовались тремя тонкими линиями, расположенными параллельно символу обмотки и представлявшими собой листы стали.

Набирать сердечник из отдельных листов можно двумя способами. При сборке «вперекрытие» листы укладывают поочередно то с одной, то с другой стороны катушки, так что зазоры одного слоя перекрываются листами последующего. По другому способу укладывают листы так, чтобы зазоры во всех слоях совпадали. Например Ш-образные пластины закладывают с одной стороны, а замыкающие — с другой. Получается сердечник с зазором. Зазор в магнитопроводе чаще всего нужен в тех случаях, когда по катушке, помимо переменного тока, протекает и постоянный, создавая опасность насыщения сердечника. Если на принципиальной схеме необходимо отобразить наличие зазора в сердечнике, то в его символе посредине делают небольшой разрыв. В зазор магнитопровода иногда укладывают изоляционную или во всяком случае немагнитную прокладку, позволяющую установить точный размер зазора. При переборке сердечника ее не следует удалять.



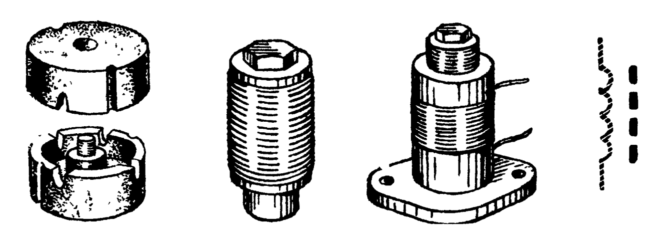
На принципиальных схемах иногда необходимо указать характер формы петли гистерезиса сердечника. С этой целью в ГОСТ предусмотрены два значка, которые полагается ставить рядом с



символом сердечника. Первый из них упрощенно изображает прямоугольную петлю гистерезиса, второй — еще более упрощенно — непрямоугольную петлю.

Сердечники из пластинок стали применяют только при работе в диапазоне звуковых частот. На радиочастотах в поперечном сечении даже тонких листов возникают интенсивные вихревые токи и получается недопустимое возрастание потерь. Поэтому катушки, используемые в диапазоне высоких частот, делают либо без сердечников, либо с сердечниками из специальных веществ, известных под общим названием магнитодиэлектриков. В магнитодиэлектриках имеются ферромагнитные частицы, разделенные массой изоляционного материала. Размеры частиц настолько малы, что вихревые токи в них и потери в сердечнике до самых высоких частот получаются незначительными.

Сердечники из магнитодиэлектриков стандартизованы и выпускаются нескольких видов. Наиболее распространены сердечники



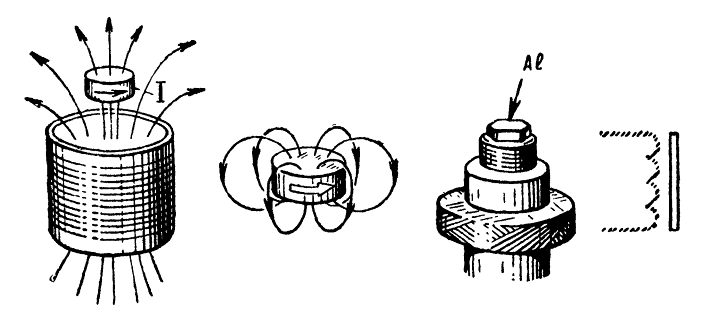
стержневые и горшковой формы. Первые имеют предельно простую конструкцию, а вторые, охватывая катушку со всех сторон, дают максимальное увеличение индуктивности и заодно экранируют катушки от влияния внешних магнитных полей. На принципиальных схемах конструкции сердечников не указывают, но обязательно отражают то, что они сделаны из магнитодиэлектрика; символ сердечника чертят в форме толстой штриховой линии.

В некоторых устройствах, например искусственных длинных линиях, на ультракоротких волнах требуется настолько малая индуктивность, что ее можно получить путем использования прямого провода с надетыми на него бусинками из магнитодиэлектрика. Такую конструкцию на схемах изображают, как катушку с сердечником из магнитодиэлектрика.

Получили широкое применение и тороидальные сердечники из магнитодиэлектрика. Их обозначение рассматривается ниже.

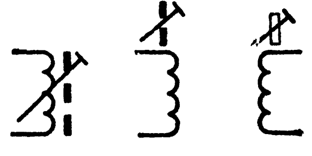
Сердечники из немагнитного материала, чаще всего меди и алюминия, по своему действию равноценны множеству короткозамкнутых витков, введенных в магнитное поле катушки. Поле наводит в материале такого сердечника вихревые токи, которые в свою очередь создают новое магнитное поле, противодействующее основному. (См. рисунок на следующей странице).

Суммарное магнитное поле катушки, а вместе с ним и индуктивность ее, уменьшаются. Немагнитные сердечники имеют форму стержней, которые в процессе настройки катушки ввинчивают внутрь каркаса. Обозначают немагнитный металлический сердечник незачерненным узким прямоугольником такого же размера, как и

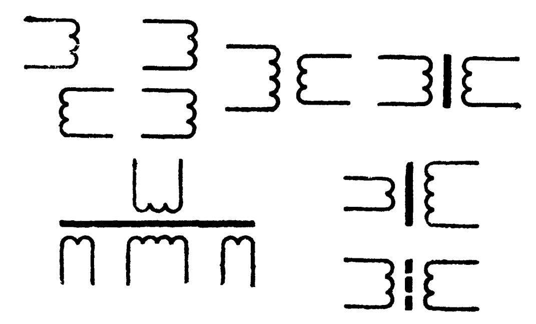


толстая линия, с помощью которой обозначают ферромагнитный сердечник.

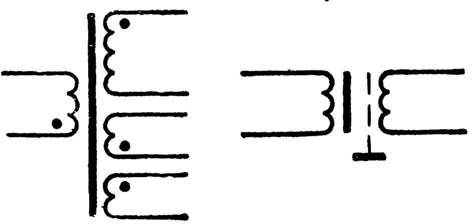
Встречается множество деталей, содержащих две обмотки и больше, связанные между собой. Принято показывать связь между катушками, размещая оси их символов по одной прямой или параллельно.



Несколько катушек с общим сердечником называют трансформатором (слово «трансформатор» означает «преобразователь»). В трансформаторе можно преобразовать напряжение или ток одной величины соответственно в напряжение или ток другой величины. При включении транс-



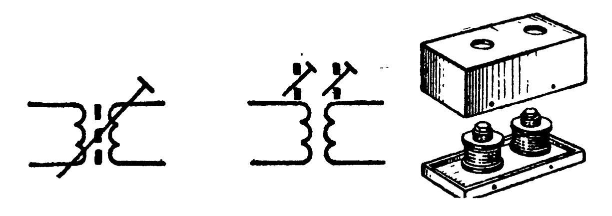
форматоров иногда необходимо знать, какой из концов обмотки является началом, а какой — концом. Для указания начала обмоток



на схеме у соответствующих выводов символов катушек ставят хорошо заметные точки.

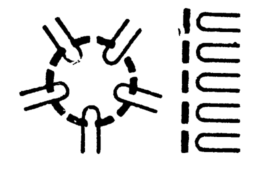
В трансформаторах, первичная обмотка которых должна включаться в электросеть, для защиты от помех, распространяющихся по сети, применяют специальную экранную обмотку. Ее наматывают в один слой поверх первичной, но под всеми остальными и включают только одним концом, присоединяемым к земле. Назначение ее — замкнуть через себя на землю все помехи, которые могли бы проникать из сети. Экранную обмотку изображают тонкой штриховой линией, проведенной параллельно символу сердечника.

В диапазоне радиочастот применяют трансформаторы с сердечником из магнитодиэлектрика. Если этот трансформатор подстраи-



вается по индуктивности с помощью сердечника, то на общем символе такого трансформатора ставят значок подстройки. Однако чаще каждую из катушек такого трансформатора подстраивают отдельным сердечником. Для указания этого символа сердечников со знаками подстройки располагают над символами катушек по их оси. В приемниках изредка применяют подобные трансформаторы, но с переменной связью между катушками, что указывается стрелкой — символом регулировки.

В вычислительной технике широко применяют трансформаторы с тороидальным сердечником из магнитодиэлектрика и большим числом обмоток. Обозначают такую деталь двумя разными способами. По одному из них символом сердечника служит штриховая окружность (штрих показывает материал, а форма окружности — конфигурацию сердечника). Обмотки при этом изображают дужками, пересекающими штриховую окружность. Поскольку схема при таком обозначении получается с большим количеством перегибов соединительных линий из-за радиального расположения дужек, применяют и другой способ обозначения, в котором штриховую окружность разворачивают в прямую, а дужки, символизирующие обмотки, помещают с одной, реже — с двух сторон.



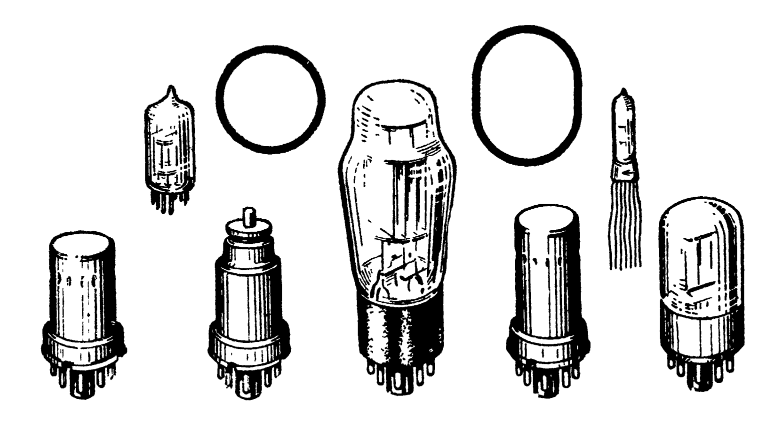
ЭЛЕКТРОННЫЕ И ИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Условные обозначения электронных и ионных приборов отличаются от обозначений других деталей не только большим разнообразием, но и самим принципом построения. Если сопротивлениям, конденсаторам и катушкам присвоено по одному символу для каждого, а все видоизменения деталей принято отображать посредст-

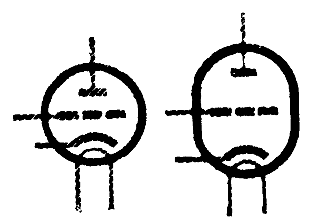
вом вспомогательных значков или незначительных преобразований основного символа, то для электронных и ионных приборов таких основных символов нет. Вместо этого придуманы отдельные символы для каждого из видов электродов, а уже из этих символических значков в соответствии с устройством реального прибора составляют условно обозначения лампы, тиратрона и др. Поэтому изучение символики в этой области приходится начинать с того, как изображают отдельные детали электронных и ионных приборов.

Электронные приборы отличаются от ионных главным образом тем, что в них создан высокий вакуум, т. е. устранены препятствия для свободного полета электронов. В ионных приборах намеренно создают нужную газовую среду, обычно под небольшим давлением.

Чтобы сохранить вакуум или нужную газовую среду, во всех электронных и ионных приборах приходится предусматривать гер-



метический баллон. Большинство типов ламп имеет стеклянные баллоны, однако выпускают ряд маломощных вакуумных приборов с баллонами из стали, а мощные лампы для передатчиков — с баллонами из красной меди, которые одновременно служат анодами, охлаждаемыми снаружи проточной водой.

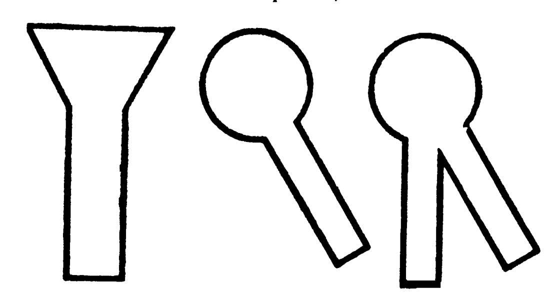


Конструкцию баллонов на принципиальной схеме отображать не принято, но наличие его условно обозначают кружком или овалом, вычерченным линией вдвое толще основных. Внутри обозначения баллона размещают символы отдельных электродов.

Исключение составляют баллоны электронно-лучевых трубок, условным обозначениям которых придают форму, в той или иной степени напоминающую контуры реальных трубок. По прежним нормам условные обозначения колб таких трубок по размерам намного превышали обозначения баллонов других вакуумных приборов; по новому ГОСТ эти размеры меньше, но все же значитель-

ны. Обосновано это большим числом электродов, которые нужно разместить в наиболее узкой части символа колбы, а также тем, что электронно-лучевая трубка, как правило, представляет собой на схеме главную деталь, на которую «работают» все остальные.

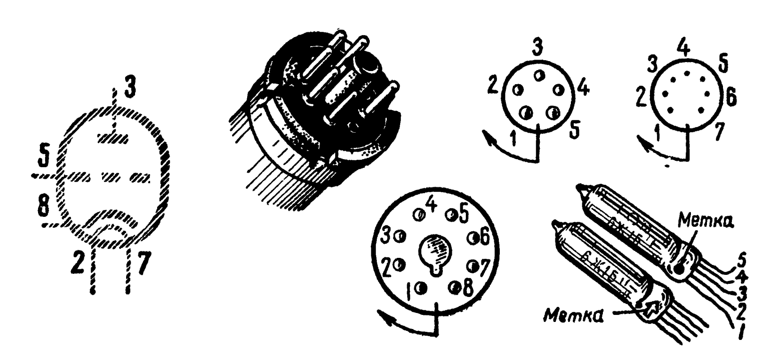
Лицам, впервые рассматривающим радиолампу со стеклянным баллоном, бывает неясно назначение темного или серебристого слоя, нанесенного изнутри на баллон. Это налет от небольшой таблетки геттера, раскаливаемого в конце откачки воздуха из баллона, чтобы поглотить остатки газа. Таким образом, этот налет имеет чисто тех-



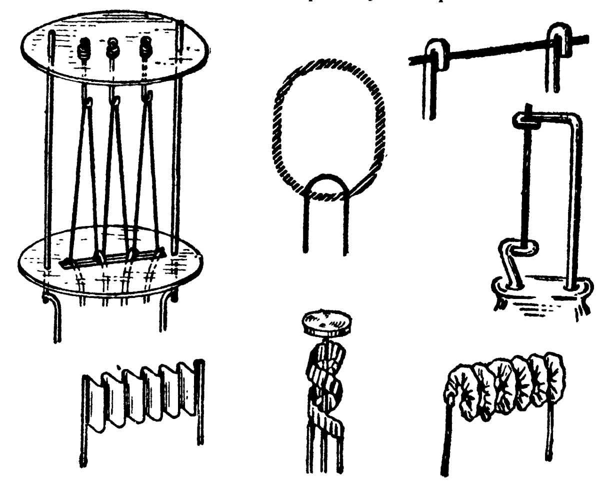
нологические функции. Иное дело черный равномерный слой на внутренней поверхности некоторых электронно-лучевых трубок, в том числе телевизионных приемных (кинескопов). Это аквадаг, осадок водного раствора графита, образующий проводящую поверхность для собирания электронов. В некоторых лампах старого образца и ныне выпускаемых за рубежом баллоны покрыты снаружи серебристой или золотистой краской. Это проводящий слой, служащий экраном. На принципиальных схемах аквадаг изображают толстой сплошной линией, а экранное покрытие — штриховой, проведенной параллельно символическому изображению герметизирующих стенок. Иногда на схеме штриховой линией изображают наружный экран, надеваемый на лампу для защиты от паразитных наводок, а также внутренний экран, если он предусмотрен конструкцией прибора. Часто указывают экран между частями комбинированной лампы.

Желая облегчить ориентировку в реальном радиотехническом устройстве, на символах электронных и ионных приборов у выводов от условных обозначений электродов часто проставляют цифры, указывающие порядковый номер штырька на цоколе прибора. Нумерация штырьков проставляется всегда по часовой стрелке, если смотреть на цоколь лампы со стороны штырьков, причем в расчет также берут и места неустановленных штырьков. Начинают счет в зависимости от конструкции цоколя либо от ключа, либо от широкого интервала между штырьками, либо от специальной цветной метки. При бесцокольной конструкции прибора, когда выводы делают в форме медных проволок, отсчет ведется от цветной метки, поставленной на одном краю «ножки», через которую проходят проволоки. (См. рис. на 60 стр.).

В каждом электронном или ионном приборе имеется катод, назначение которого — испускать электроны. Это свойство катода на-



зывают электронной эмиссией. В первых лампах катодом служила раскаленная добела проволочка — нить накала. Ряд современных ламп, рассчитанных на питание накала постоянным током, тоже имеет катод в виде нити накала. Правда, теперь подобные катоды

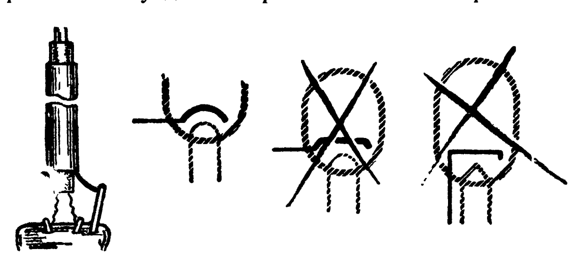


прямого накала нагревают значительно меньше, так что они почти не светятся, хотя и испускают достаточно много электронов благодаря специальным веществам (активаторам), введенным в тело катода или на его поверхность. В условных обозначениях такой катод изображают дужкой, хотя конструктивно он может быть прямым, зигзагообразным, спиральным, биспиральным (спираль, свернутая в спираль) или в форме гофрированной ленты, тоже свернутой в спираль.

Катод прямого накала работает хорошо только при питании постоянным током. При питании переменным током, особенно если нить тонка, накал ее пульсирует. Это приводит к пульсациям эмис-

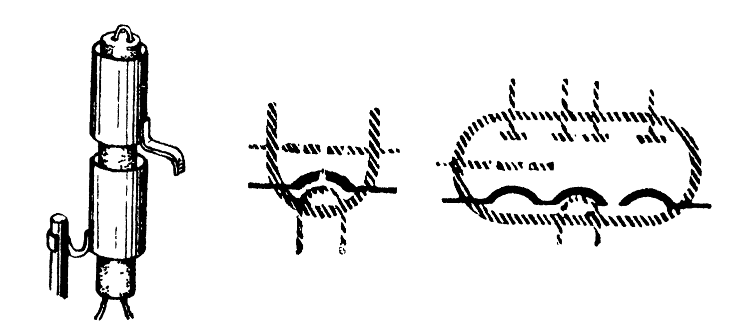
сии, а следовательно, и электронного потока, что вызывает ряд помех нормальной работе прибора. Только в мощных лампах с толстыми катодами это явление выражено незначительно. Для борьбы с подобным недостатком применяют катод, электрически изолированный от нити накала и называемый катодом косвенного накала или подогревным.

В подогревном катоде нить накала имеет изоляцию из специальной керамики — алунда. Поверх такой нити закреплен собственно



катод в форме никелевого цилиндра, покрытого специальным составом, активирующим испускание, электронов. Благодаря большой массе и тепловой инерции всей конструкции нагрев катода от пульсации мощности переменного тока не изменяется. На схемах подогревный катод обозначают толстой дужкой, изображаемой концентрически с дужкой символа нити накала. Прежде подогревный катод иногда обозначали ломаной или даже прямой линией, а нить накала — линией, изогнутой углом, на пересечении с символом баллона ставили точки.

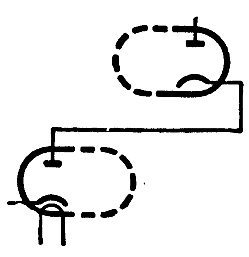
Уже давно выпускают комбинированные радиолампы, внутри баллона которых объединены два и больше электровакуумных при-



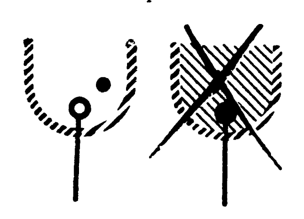
боров, имеющих отдельные или общий катод. В первом случае обычно на общем подогревателе размещают нужное число катодов, изолированных между собой. Соответственно этому на символе лампы изображают нужное число дужек. Форма линии, с помощью которой изображают нить накала лампы, при этом несколько видоизменяется и иногда состоит из двух дужек.

Применение комбинированных ламп часто приводит к тому,

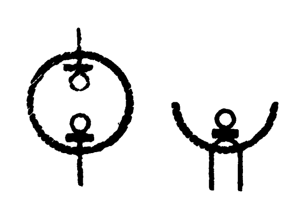
что отдельные части одной и той же лампы оказываются включенными на участках тракта сигнала, далеко отстоящих на схеме один от другого. Получается, что хотя эти части конструктивно и объединены в одном баллоне, но логически они, связаны не непосредственно, а через множество других деталей. Выше указывалось, что в принципиальных схемах не принято отображать конструктивные особенности приборов и деталей, если эти особенности затрудняют чтение схемы. По этим соображениям часто символ комбинированной лампы «разрывают» на части, располагая в тех местах схемы, где это окажется удобным. В таком случае нить накала либо не изображают совсем, либо помещают только на одной части символа лампы.



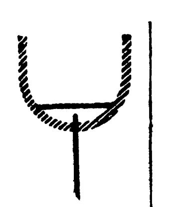
Во многих ионных приборах применяют «холодные», не подогреваемые катоды. Электроны, необходимые в небольшом количестве для начала развития ионного процесса, вырываются из такого катода воздействием различных факторов вроде естественной радиоактивности, космического излучения и т. п. На схемах холодный катод изображают небольшим незачерненным кружком. Знак газового заполнения — черную точку — принято ставить возле катода. Раньше газовое заполнение изображали штриховкой, которой покрывали все пространство внутри символа баллона.

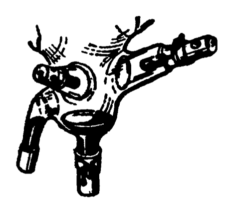


Ряд ионных приборов, предназначенных для работы на переменном токе, имеет электроды, поочередно служащие то катодом, то анодом, как, например, в неоновой лампе. Если прежде такие электроды обозначали черточкой, как аноды, и предоставляли потом догадываться об особенностях их работы, то теперь применяют совмещенный символ: кружок и соприкасающуюся с ним короткую черточку. В других приборах, примером которых может служить люминесцентная лампа (лампа «дневного» света), катод, периодически выполняющий функции анода, необходимо при включении прибора предварительно подогреть, а затем подогрев поддерживается при работе прибора за счет бомбардировки ионами. Такой электрод обозначают, как только что описанный. Но дополнительно условно изображают и нить накала.



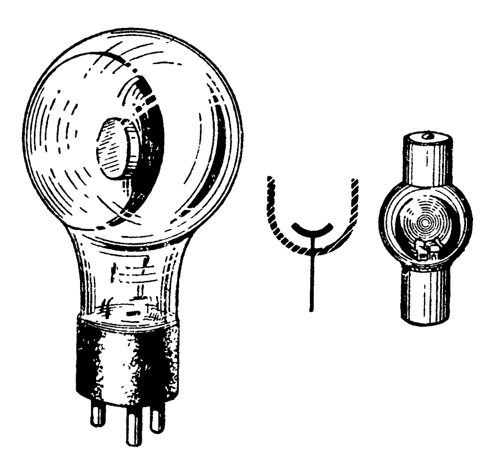
Гораздо реже в электронике применяют ионные приборы с жидким ртутным катодом. Пары ртути — среда, удобная для развития ионного разряда большой мощности. Жидкий





катод изображают предельно упрощенным чертежом уровня жидкости, в которую введен токоподводящий электрод.

В различных фотоэлементах и фотоумножителях, т. е. приборах, реагирующих на освещенность, применяются фотокатоды. Фотокатод отличается тем, что электроны из него выбиваются светом. На чертежах фотокатод условно изображают дужкой. Эта форма символа ведет свое начало еще с того времени, когда фотокатодом служил тонкий металлический слой, нанесенный на внутреннюю

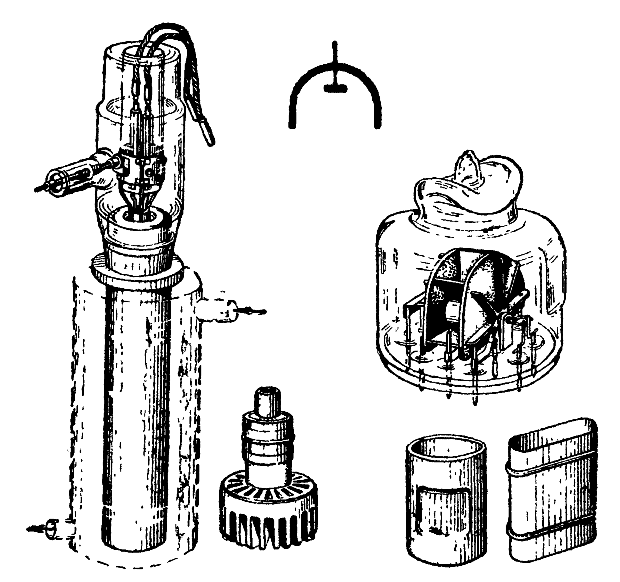


поверхность шаровидного стеклянного баллона, похожего на современную осветительную лампу.

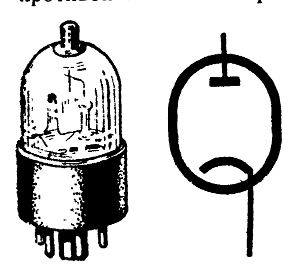
Как видно, разработанная к нынешнему времени символика позволяет довольно детально указать на схеме назначение и идею работы катода. Подобные же возможности имеются и в отношении анода.

Анод служит для собирания электронов, которые долетают до анода после разгона в электрическом поле и, обладая значительной кинетической энергией, вызывают выделение тепла. Приходится заботиться об отводе тепла от анода, особенно в мощных лампах. Металлические аноды часто чернят, снабжают ребрами, стараясь увеличить поверхность анода и способность его рассеивать тепло. В особо мощных лампах элементы поверхности анода выводят за пределы баллона и охлаждают снаружи потоком воздуха или воды. Обозначают анод на схемах короткой толстой чертой независимо от его размеров и конструкции.

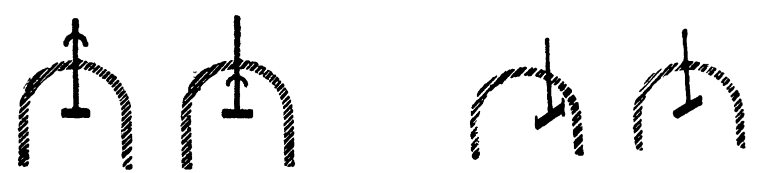
Лампа содержащая только катод и анод, называется диодом. Это название получено из двух латинских слов «дис» — дважды, два и «ходос» — путь; оно указывает, что между двумя электродами существует путь (подразумевается — электронный). Диод обладает вентильными, выпрямительными, свойствами, т. е. способностью проводить ток только в одном направлении. Действительно, электроны могут вылетать только из раскаленного катода, а анод может их только собирать, но не испускать. Говорят, что диод отличается односторонней проводимостью, проводит ток только в направ-



лении от анода к катоду (направление тока, как известно, принято противоположным направлению движения электронов).



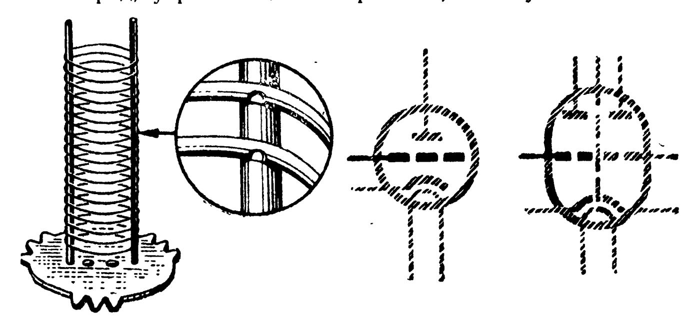
В некоторых приборах применяют аноды со вторичной эмиссией, т. е. придают аноду способность выделять вторичные электроны под влиянием ударов первичных, летящих на анод. В соответствии с новым ГОСТ это обозначают маленькой дужкой, пересекающей линию, которая идет к символу анода, вогнутой стороной к аноду. Такую дужку разрешается помещать как внутри символа баллона, так и вне его. Аноды со вторичной эмиссией применяют, например, в фотоэлектронных умножителях, в которых имеются фотокатод, ряд анодов со вторичной эмиссией и один простой анод.



Существует небольшое число типов электронно-световых индикаторов, характерной деталью которых является анод, у которого светится (флуоресцирует) та или иная часть поверхности в за-

висимости от управляющего напряжения, приложенного ко входу индикатора. Такой светящийся анод принято обозначать косо расположенной толстой чертой с подсечками на краях. Заметим, что такой же наклонной чертой, но без подсечек обозначают анод рентгеновской трубки.

Значительная часть электровакуумных приборов содержит важный электрод, управляющий их работой, — сетку Название этой

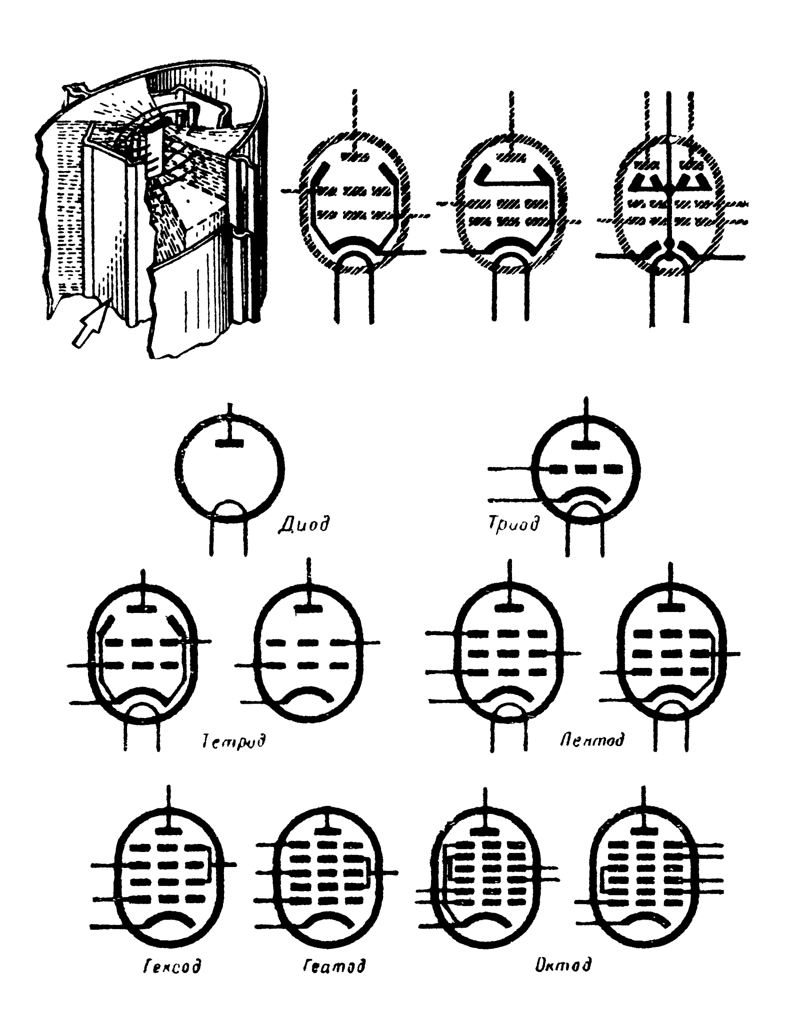


детали — дань истории, так как этот электрод у первых ламп действительно изготовлялся из проволочной сетки. В настоящее время «сетки» в большинстве приборов выполняют в форме проволочной спирали, к которой для жесткости конструкции по образующей приварены два более толстых проводника, называемых траверсами. Траверсы несколько длиннее спирали и своими концами входят в отверстия слюдяных или керамических дисковых изоляторов, которые позволяют точно выдерживать расстояния между отдельными деталями лампы. На схемах сетку изображают штриховой линией увеличенной толщины (прежде использовали тонкую штриховую линию), располагая ее между катодом и анодом Если лампа комбинированная и в символе приходится располагать две сетки в один ряд, символы их по необходимости нужно чертить более короткими. Это делается не по принципиальным соображениям, а из-за тесноты внутри символа баллона.

Во многих современных лампах применяют несколько сеток. Это дает ряд преимуществ и новых возможностей. Нумеруют сетки от катода к аноду. Поэтому когда употребляется выражение «первая сетка», имеется в виду та, которая расположена ближе всех к катоду. Этот же принцип выдерживают в случаях, когда имеется несколько анодов, расположенных один за другим, как, например, в электронном прожекторе электронно-лучевой трубки.

В некоторых конструкциях ламп кроме того применяют лучеобразующие пластины. На схемах такие пластины обозначают двумя короткими наклонными черточками, соединенными внутри символа баллона с катодом, а иногда и между собой для соответствия конструкции реального прибора. В условном обозначении комбинированной лампы с двумя группами таких пластин эти знаки приходится изображать в более мелком масштабе и более тесно. Иногда эти электроды изображают, как обычную сетку.

Названия ламп содержат в себе указание на число электродов. После введения термина «диод» окончание «од» стали понимать как

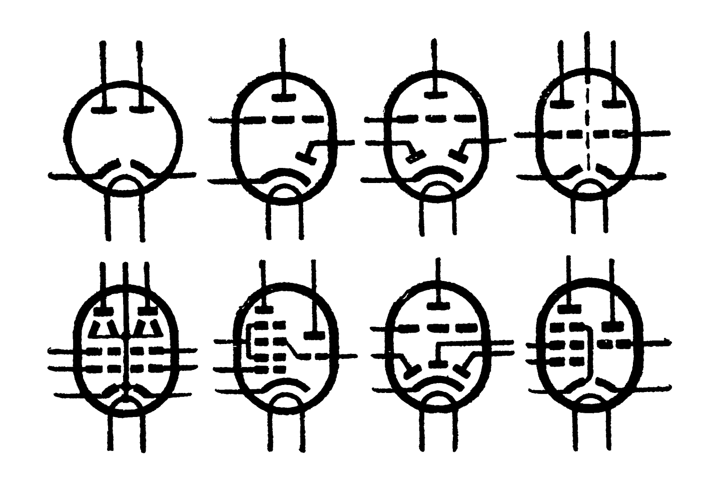


часть слова «электрод» и в соответствии с этим образовались новые названия. Трехэлектродную лампу назвали «триод» (нить накала и катод считают за один электрод). От греческого «тетра» (четыре) получилось название четырехэлектродной лампы «тетрод», от греческих «пента» (пять), «гекса» (шесть), «гепта» (семь) и «окто» (восемь) произошли названия «пентод», «гексод», «гептод» и «октод».

Ранее встречались названия, в которых использовались корни из двух языков. Например, название лампы «пентагрид» было образовано из греческого «пента» (пять) и английского «грид» (сетка).

Заметим что хотя пентагрид и гептод, и имеют одинаковое число электродов, они различаются тем, как в них соединены, эти электроды Теперь это различие не отмечают разницей названий

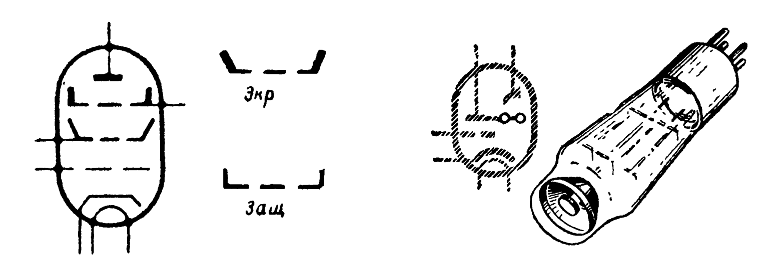
Перечисленные названия послужили основой для образования наименований комбинированных ламп. Так получились названия двойной диод, диод-триод, двойной диод-триод, двойной триод, двойной тетрод, триод-гексод, тройной диод-триод, триод-пентод.



Исторически сложилось так, что, помимо окончания «од», в названиях электровакуумных приборов стали использовать окончание «трон», заимствованное, вероятно, от слова «электрон». Так появилось название «кенотрон», первая часть которого взята от греческого слова «кенос» (пустой). Кенотроном называют диод, используемый для выпрямления переменного тока промышленной частоты. Двойной диод такого же назначения называют двойным кенотроном. Некоторые названия говорят о развитой фантазии изобретателей. Оптический или электронно-световой индикатор, используемый обычно для указания точной настройки приемника, называют «волшебным» или «магическим» глазом.

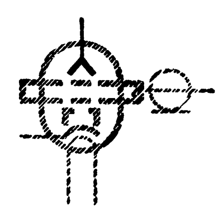
Первую сетку часто называют управляющей в отличие от экранирующей, которая экранирует управляющую сетку от анода, или от защитной (антидинатронной) сетки. Последняя имеет назначение устранить попадание на экранирующую сетку вторичных электронов, выбиваемых из анода бомбардировкой основными электронами, так как вторичные электроны затрудняют в некоторых случаях эффективное использование всех возможностей лампы.

В некоторых странах условные обозначения сеток разного назначения имеют неодинаковые начертания. Например, в экранирующей сетке у концов символа ставят по короткой черточке, расположенной под тупым углом. Две короткие черточки под прямым углом у концов символа ставят на обозначении защитной сетки.



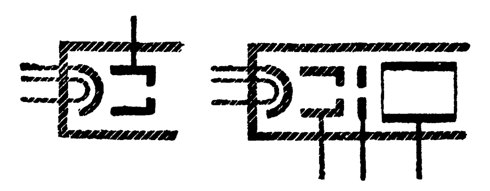
Анод, катод и сетки являются основными электродами радиоламп. Однако имеется еще ряд других электродов, которые применяются в отдельных типах приборов.

В электронно-световом индикаторе характер свечения люминесцентного экрана, величина теневого сектора на нем определяются потенциалом специального электрода, соединяемого обычно внутри лампы с анодом триодной части прибора. Этот управляющий электрод изображают короткой черточкой, ограниченной с обеих сторон небольшими кружками.



В одном из типов электровакуумных приборов сверхвысоких частот, называемом отражательным клистроном [от греческого «клистрос» (прибой)], имеется специальный электрод — отражатель, назначение которого — отталкивать летящие на него электроны и заставлять их двигаться в противоположную сторону Для него принято условное обозначение в форме угла, напоминающее согнутый символ анода.

Обширную отдельную группу электровакуумных приборов составляют электронно-лучевые трубки. Помимо нити накала и катода, в них имеется ряд электродов, не встречающихся в электронных лампах. Управление потоком электронов в электронно-лучевой трубке осуществляют посредством управляющего электрода, который называют управляющим цилиндром, сигнальным электродом и модулятором. Принцип его действия примерно такой же, как у сетки лампы. На управляющий цилиндр прикладывают отрицательный потенциал относительно катода. Чем больше отрицательный потенциал на цилиндре, тем больше электронов возвращается на катод и тем меньше электронов уходит по направлению к экрану трубки. Таким образом, управляющий цилиндр осуществляет регулировку тока электронного луча. Условное обозначение этого элек-

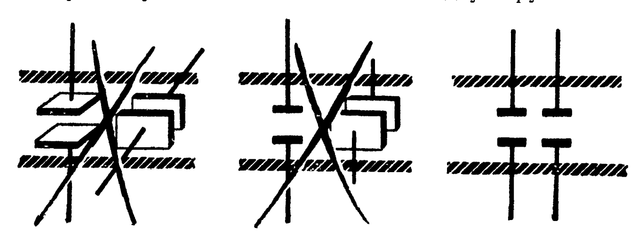


трода представляет собой упрощенный чертеж его разреза и изображает стаканчик с отверстием в донышке.

За управляющим цилиндром располагаются один или несколько анодов, причем они могут быть либо дисковыми, либо цилиндрическими, что соответствующим образом отражают их символы, хорошо показывающие, что в любом из таких анодов по оси трубки имеется отверстие. Через эти отверстия пролетают электроны.

Несколько анодов применяют в трубках в случаях, когда фокусировку луча, т. е. собирание его электронов в одну точку на экране, осуществляют электрическим полем

Электрическое поле используют в ряде типов трубок и для отклонения луча, осуществляя это с помощью двух групп отклоняю-



щих пластин, расположенных взаимно перпендикулярно. Прежде эти пластины изображали в диметрии, потом одну пару пластин стали изображать в плоской проекции, а теперь обе пары изображают только в плоской проекции и — условно — в одной плоскости. Принцип действия таких пластин очень прост. Если к ним приложить некоторую разность потенциалов, то пролетающие электроны притягиваются к положительно заряженной пластине, отталкиваются от отрицательно заряженной, и весь луч отклоняется. Отклоняется и пятнышко, которое луч «засвечивает» на экране.

Характер экрана, цвет его свечения и длительность послесвечения на условных обозначениях не указывают.

Для обозначения электродов передающих телевизионных трубок современный ГОСТ предусматривает ряд специальных символов, с которыми редко приходится сталкиваться лицам, не специализирующимся в этой области. Поэтому мы их опускаем.

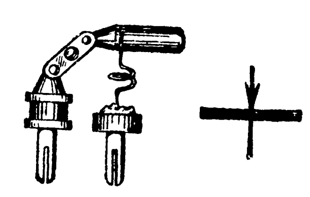
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Полупроводниковые приборы являются самыми «молодыми» из деталей радиоэлектроники. В действительности же они не так уж и молоды.

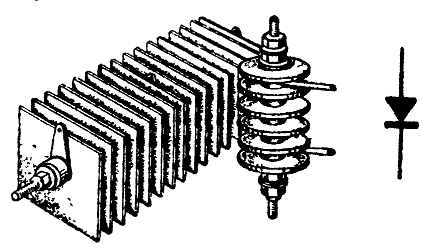
Первые образцы полупроводниковых приборов — кристаллические детекторы — появились давно (через несколько лет после изобретения радио). Однако они были очень несовершенными и после начала массового выпуска радиоламп были вытеснены из радиоаппаратуры, сохранившись только в самых простых радиолюбительских радиоприемниках. Этот старинный детектор представлял собой конструкцию, в которой упругая проволочка своим острием соприкасалась с кристаллом. Слово «детектор» английского происхождения и означает «обнаружитель», так как целью детектирования является получение звукового сигнала, перенесенного радиочастот-

ным сигналом. В точке соприкосновения проявлялся эффект односторонней проводимости. Естественными кристаллами служили кусочки таких руд, как свинцовый блеск, халькопирит и др. Искусственные кристаллы получали спеканием серы и свинцовых опилок.

Кристаллы отличались тем, что хорошее детектирование можно было получить только в отдельных точках В процессе настройки детектора нужно было переставлять острие до тех пор, пока случайно не удавалось попасть на такую точку, а небольшое сотрясение детектора сбивало установленное острие и заставляло снова производить настройку.



Символ детектора, появившийся тогда, отображал идею конструкции того времени: толстая черта представляла кристалл, впаянный в оправку, стрелочка — проволочку с острием. Позже когда для выпрямителей были разработаны купроксные, а затем и селеновые вентили, этот символ был распространен на все детали с односторонней проводимостью и приобрел современный вид.



Новый этап в развитии полупроводниковых приборов наступил, когда в результате длительной и настойчивой работы физиков были разработаны полупроводниковые триоды, или транзисторы, и была создана промышленность для производства их.

Полупроводниковыми называют материалы, сопротивление которых больше 0,001 *ом · см*, что характерно для проводников, и меньше 10 000 000 000 *ом · см*, что характерно для изоляторов. Протекание тока, т. е. перенос зарядов в полупроводниках, в зависимости от строго дозированных примесей может осуществляться либо электронами (отрицательные заряды), либо дырками, равноценными положительным зарядам.

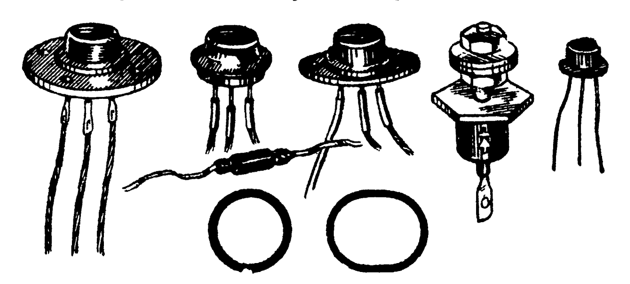
Полупроводники, в которых заряды переносятся электронами, имеют проводимость типа *n* (от латинского «негатив» — отрицательный), а те, в которых перенос осуществляется дырками, — проводимость типа *p* (от латинского «позитив» — положительный). Если между двумя полупроводниками с разными типами проводимости существует контакт, то его называют переходом *p-n* или *n-p*.

Все диоды имеют одинаковое в своей основе обозначение, а обозначения иных полупроводниковых приборов строят по тому же принципу, какой уже рассматривался применительно к электронным и ионным приборам, т. е. устанавливают нормы для обозна-

чения отдельных элементов приборов. Символы конкретных приборов составляют из обозначений этих элементов.

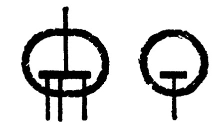
Теоретически полупроводниковый прибор не нуждается в вакууме. Поэтому иногда в изображении подобных приборов опускают символ баллона. Однако практически полупроводниковые приборы герметизируют, заключая их внутрь замкнутого сосуда, в котором создан вакуум или имеется инертный газ. Необходимо также учитывать, что полупроводниковые приборы подобно лампам образуют главный костяк, стержень принципиальной схемы. Для хорошей ориентировки в схеме, хорошей удобочитаемости ее необходимо, чтобы символы полупроводниковых приборов были не только вытянуты в прямую линию, но хорошо видны и бросались в глаза при самом поверхностном взгляде. Если не показывать баллона, то символы электродов выглядят отдельными разрозненными деталями и не привлекают такого внимания, как в случае, когда они образуют цельное зрительное пятно. Поэтому хотя новый ГОСТ и допускает изображение полупроводниковых приборов без указания баллона, рекомендуется изображать его.

Баллон полупроводникового прибора изображают кружком, а если этот прибор имеет более трех электродов, — то соответственно



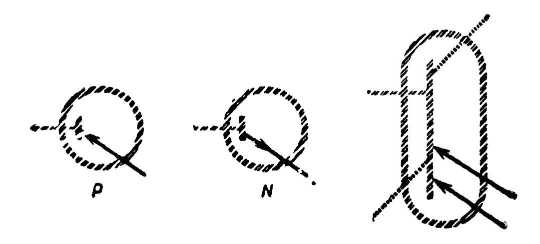
вытянутым овалом. Символ баллона должен быть вычерчен более толстой линией чем основные.

Основой современного полупроводникового прибора служит пластинка германия, кремния или другого полупроводникового материала. Ее называют базой и изображают толстой чертой подобно символу катода диода. Если у базы выводы сделаны от нескольких участков ее, то это разрешается указывать линиями, подходящими к этому символу с обеих сторон.

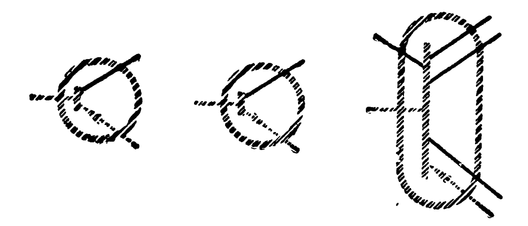


Другой электрод — эмиттер — обозначают стрелкой, расположенной под углом 60° к базе. Если эмиттер имеет проводимость типа *p*, то стрелку направляют к базе, если же проводимость его типа *n* — от базы При наличии нескольких эмиттеров обозначения их можно изображать по обе стороны обозначения базы. (См. следующую страницу).

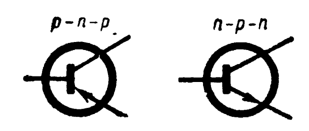
В обозначении базы не указывается характер проводимости ее материала. Это не случайно. Дело в том, что характер проводимости базы всегда противоположен характеру проводимости эмиттера. Последняя отмечена направлением стрелки, и нет необходимости уточнять свойства материала базы.



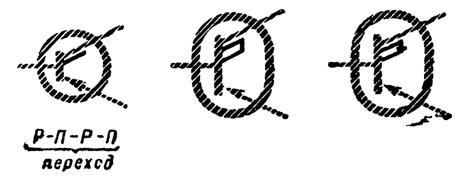
Третий электрод называется коллектором. Его обозначают так же, как эмиттер, но уже без стрелки вне зависимости от характера проводимости материала. Поскольку характер проводимости мате-



риала коллектора всегда противоположен характеру проводимости базы, он одинаков с характером проводимости эмиттера. Таким образом, читать условное обозначение полупроводникового прибора вообще и транзистора в частности приходится последовательно в таком порядке: эмиттер — база — коллектор. В этом же порядке записывают «формулу» транзистора, например *n-p-n*, если в этом встречается необходимость при описании схемы



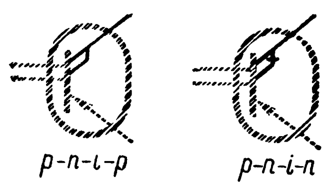
В последние годы достигнута договоренность в международном масштабе о применении еще некоторых значков, показывающих принцип устройства ряда уже разработанных, но не введенных еще



в практику новых полупроводниковых приборов, а также тех, которые еще только могут быть созданы. Первый из значков, представляющий собой короткий штрих, наклоненный к символу базы, изображает условно место, а главное — наличие перехода на базе от одного характера проводимости к другой Правило последователь-

ности чтения остается в силе и здесь. На примере, приведенном на рисунке, эмиттер имеет проводимость типа *p*. Значит, контактирующая с ним часть базы характеризуется проводимостью типа *n*, но только до значка смены проводимости. Дальше база имеет уже проводимость типа *p*, а соединенный с нею коллектор — типа *n*.

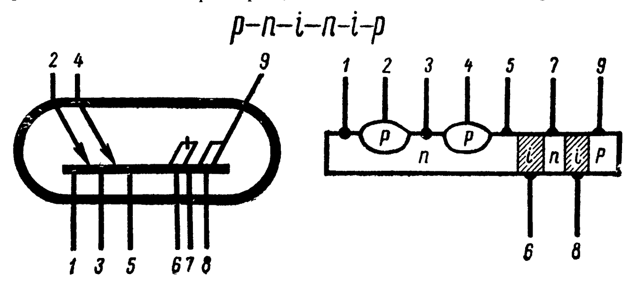
Второй значок служит для указания того, что на базе имеется участок, на котором отсутствует какая-либо примесь и, более того, что эта беспримесная зона размещается между участками базы с различным характером проводимости. Значок этот образуется из двух значков предыдущего типа и перемычки между ними, которая указывает, что оба штриха представляют собой одно целое и охватывают часть базы. Если от этой беспримесной зоны сделан отдельный вывод, то это указывают, размещая линию отвода в соответствующем месте базы. В тех случаях, когда область без примеси лежит между областями с одинаковой проводимостью, в значок вводится короткая черточка, превращающая замыкающую значка в символ сложения.



В «формуле» полупроводникового прибора область без примеси обозначают латинской буквой *i* (от английского «интринзик» — свойственный). Таким образом, в условных обозначениях, приведенных в пояснение применения этих значков «формулы» приборов, будут соответственно *p-n-i-p-n* и *p-n-i-n-p*.

Для обозначения таких беспримесных участков, внедренных между коллектором и областью с иной проводимостью, а также коллектором и областью с той же проводимостью, приняты обозначения, представляющие собой комбинацию указанных выше значков с условным обозначением коллектора.

Пользуясь разобранными выше правилами чтения символов полупроводниковых приборов, можно, взяв за отправную точку

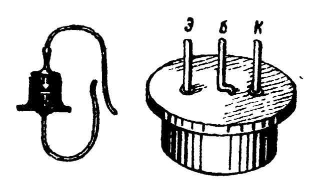


символ эмиттера, последовательно разобрать назначение и характер проводимости всех остальных деталей любого прибора. На рисунке, приведенном здесь, показаны в упрощенном виде конструкция некоторого воображаемого полупроводникового прибора, его условное изображение и «формула».

Хотя символика разработана с учетом будущего развития техники и позволяет изобразить любой полупроводниковый прибор,

практически сейчас имеют широкое распространение в основном только полупроводниковые диоды и триоды.

Обозначения выводов на полупроводниковых приборах пока еще отличаются отсутствием какой бы то ни было системы. У малогабаритных диодов, на которых трудно разместить надпись, со стороны анодного вывода ставят красную точку. Если же габариты позволяют, то на корпусе изображают знак диода так, что черточка символа приходится со стороны катода, либо у катодного вывода ставят знак минус, а у анодного — плюс. В транзисторах малой мощности все выводы расположены по диаметру донышка и в большинстве случаев средний вывод является базовым, а эмиттерный расположен ближе к базовому, чем коллекторный. Иногда эти выводы делают на одинаковых расстояниях. Тогда у коллекторного вывода ставят цветную метку. В мощных транзисторах выводы располагают треугольником, ориентироваться в котором можно только по паспортным данным.



Условные обозначения, рассмотренные выше, являются основными для полупроводниковых приборов. Однако они не могут исчерпать все возможные особенности устройства и применения этих приборов. Для детализации этих сведений современный ГОСТ предусматривает применение специальных значков, которые проставляют около символа баллона или внутри его. В последнем случае можно увеличивать размеры символа баллона.

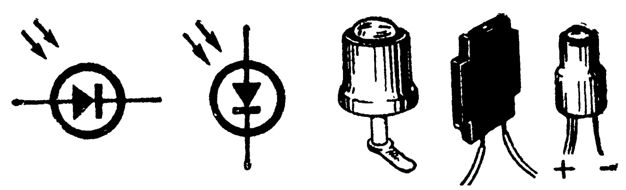
Наличие в полупроводниковом приборе фотоэффекта указывают двумя тонкими стрелками, расположенными взаимно параллельно, но под углом 60° к горизонту вне зависимости от расположения символа самого прибора. Таким способом получают, например, условные обозначения фотосопротивления и фотодиода, а также фототранзисторов типов *p-n-p* и *n-p-n*.

Фотосопротивление представляет собой тонкий слой полупроводника, нанесенный на какую-либо подложку и опрессованный



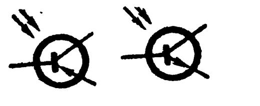
пластмассой. Световые лучи, попадая через окошко в опрессовке на полупроводник, внедряются в его атомы, выбивают с их наружных оболочек электроны и создают таким образом носители электричества, которые понижают сопротивление полупроводникового слоя.

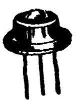
Фотодиод отличается от обычного диода только конструкцией баллона, в котором предусматривается застекленное окошко, а конфигурация его подбирается с учетом удобства эксплуатации. Под влиянием света диод теряет свои вентильные свойства и начинает одинаково хорошо проводить в обоих направлениях. Интересно, что в качестве фотодиода можно использовать любой полупровод-



никовый диод со стеклянным баллоном, хотя светотехнические характеристики у него будут хуже, чем у специального фотодиода.

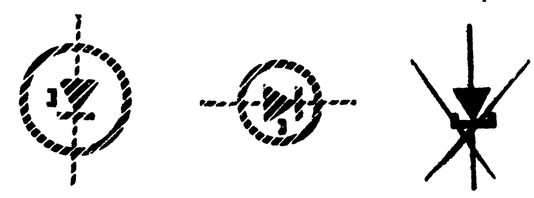
Фототранзистор имеет конструкцию обычного маломощного транзистора, с той лишь разницей, что в металлический баллон вмонтирована прозрачная линзочка. При освещении фототранзистор теряет свои усилительные свойства, и это используют для регистрации наличия и степени освещенности. Фототранзистор иногда используют как фотодиод, подключая его к схеме только эмиттерным и коллекторным выводами.





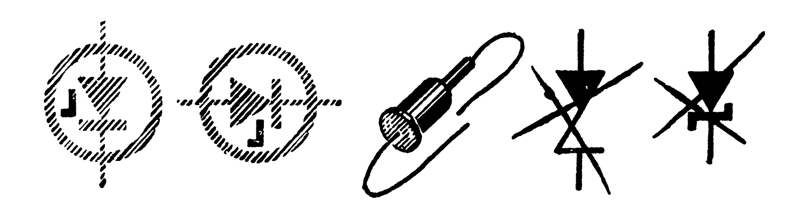
Заметим, что фотодиоды принято изображать с баллоном, тогда как диоды, не обладающие фотоэффектом, условного обозначения баллона не содержат. Вообще баллон на диодах обозначается в тех случаях, когда нужно возле символа поставить дополнительный значок. А отсутствие обозначения баллона на символах диодов общего назначения является лишь исторической традицией.

В последние годы все большее распространение получают туннельные диоды, отличительной особенностью которых является



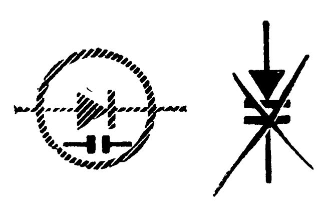
возможность работы на сверхвысоких частотах, а также в качестве генераторов. Для обозначения таких диодов применяется специальный значок, напоминающий прямую скобку. Он проставляется в положении, указанном здесь на рисунке, вне зависимости от ориентировки символа диода. До нового ГОСТ туннельные диоды обозначали, как обычные, но черту основного символа дополняли двумя короткими поперечными черточками.

Аналогично применение значка, указывающего на использование в полупроводниковом диоде лавинного эффекта, который заключается в электрическом пробое специального диода (без повреждения самого диода!), если напряжение превысит определенную величину. Этот пробой в каждом типе диодов происходит при строго определенном напряжении, которое можно использовать как опорное (образцовое) в ряде схем, в частности в стабилизаторах напряжения. Значок лавинного эффекта — прямой угол, упрощенно изображающий наиболее интересный в данном случае участок вольтамперной характеристики такого диода.

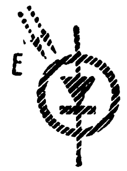


До введения ГОСТ применяли иное условное обозначение стабилитронов — символ обычного диода с двумя дополнительными черточками, направленными в разные стороны. В зарубежной литературе можно встретить и другой символ, полученный путем сочетания символа диода с латинской буквой Z. Эта буква, скрыто лежащая в основе и предыдущего символа, является первой буквой фамилии ученого Ценнера, впервые наблюдавшего одно из явлений лавинного пробоя. По этой же причине в некоторых странах стабилитроны называют ценнеровскими диодами.

В полупроводниковом диоде между положительными зарядами *p*-зоны и отрицательными *n*-зоны имеется тонкий слой с очень малой проводимостью. Иными словами, в каждом диоде образуется конденсатор. Емкость этого своеобразного конденсатора называют емкостью переходного слоя. Интересно, что она зависит от значения и полярности напряжения, приложенного к диоду. В некоторых случаях емкость диода используют как конденсатор с емкостью, регулируемой внешним управляющим напряжением. Для указания использования емкостных свойств диода в качестве значка ставят символ конденсатора До введения стандарта применяли условное обозначение, в котором комбинировались символы диода и конденсатора.

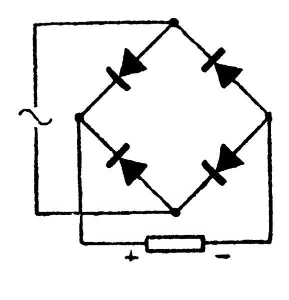


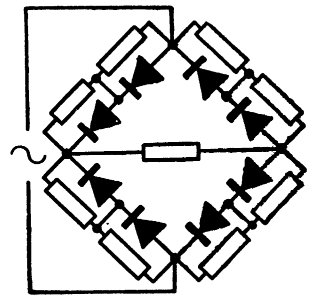
Изредка у символа фотодиода встречается еще буква «Е». Эта буква в качестве значка показывает, что в данном приборе используют э д с. Буква «Е» около фотодиода указывает, что он используется в качестве фотоэлемента с запорным слоем.



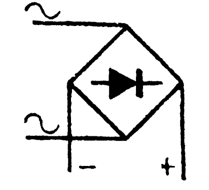
Остановимся еще на одном условном обозначении, которое является символом не отдельной детали, а целой группы их, образующих типовой узел. Это двухфазный мостовой выпрямитель, очень широко используемый в разных областях применения электроники. Мостовую схему выпрямителя образуют из четырех однотипных плеч, соединенных в кольцо. По установившейся традиции ее изображают в форме квадрата, стоящего на одном из углов.

Если напряжение на плече моста оказывается больше того, которое допустимо для одного диода, то плечо составляют из нескольких диодов, включенных последовательно. Число их подбирают таким, чтобы на каждом диоде напряжение было не выше макси-



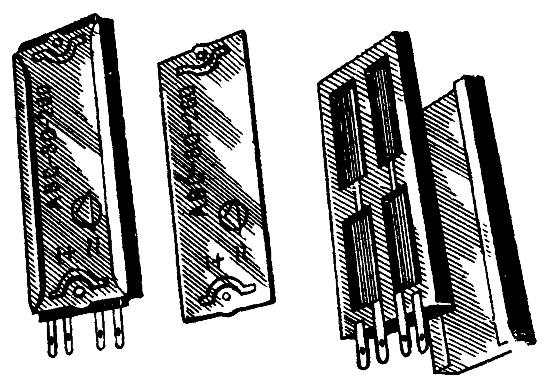


мально допустимого. Когда эти диоды имеют одинаковые обратные сопротивления, неизбежно происходит перераспределение напряжений и на диоде, у которого обратное сопротивление максимально, получается недопустимо большое напряжение. Диод может пробиться. Во избежание пробоя каждый диод плеча шунтируют активным сопротивлением, значительно меньшим, нежели обратное сопротивление диода. Тогда распределение обратных напряжений определяется уже сопротивлениями шунтов, а их легко подобрать одинаковыми.



На принципиальной схеме мостовые выпрямители можно, конечно, показать подробно, но они настолько общеизвестны, что допускается применение сокращенного, упрощенного обозначения. Оно содержит только контур мостовой схемы и всего один диод, указывающий не только смысл схемы, но также и полярность выходного напряжения.

Выпрямители, собранные по мостовым схемам, нередко изготавливают как самостоятельные конструктивные узлы. Например, в

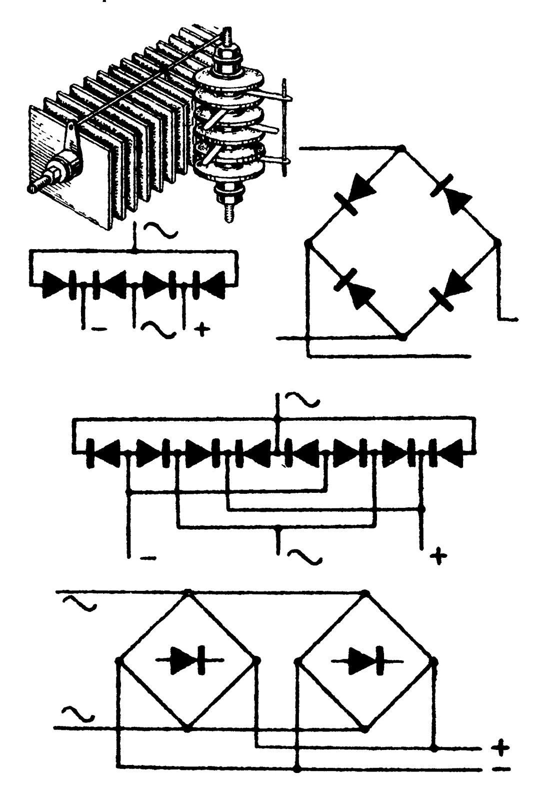


радиовещательных приемниках часто применяют выпрямители, имеющие марку АВС (автономный выпрямитель селеновый). В них в арматуре из тонкого листового алюминия заключено пластмассовое основание, в гнезда которого уложены селеновые и соединительные

пластины, так что наружу выведены только входные и выходные контакты моста.

Часто селеновые выпрямители собирают в «столбы», т. е. конструктивно выполняют в виде набора шайб (пластины, покрытые селеном, радиаторы и плоские контактные пружины), стянутые на общем стержне.

Перемычки, запаянные между выводами отдельных шайб, создают схемы одинарного или двойного моста, что легко понять по



приведенным рисункам. Если требуется выпрямить большое напряжение, то в плечо включают несколько шайб, чтобы на одну шайбу (один диод) приходилось не более 18 *в*. Параллельное включение мостов применяют для получения относительно больших токов.

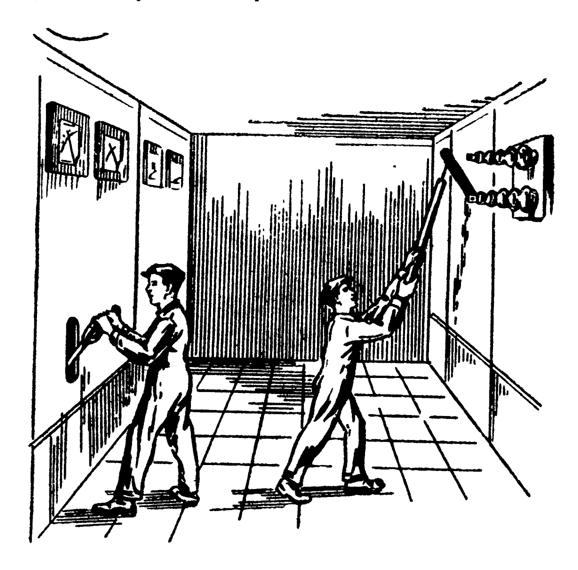
ЭЛЕМЕНТЫ КОММУТАЦИИ

Условные обозначения элементов коммутации составляют в предположении, что во всех электрических цепях источники тока выключены. Если требуется изобразить детали, приводимые в дей-

ствие рукой, то условно принимают, что для горизонтально расположенных элементов это действие осуществляется сверху вниз, а для расположенных вертикально — слева направо.

Всякое коммутационное устройство осуществляет включение, выключение или переключение одной или нескольких цепей посредством контактных пружин. Вручную эти пружины соединяют в устройствах, имеющих названия: соединители, разъединители, выключатели, кнопки, клавиши, тумблеры, контроллеры, ключи, пакетники или коммутаторы. Если же действия по коммутации цепей осуществляются электрическими или иными приводными устройствами, то их называют иначе: реле, контакторы, пускатели или датчики. Все перечисленные названия определяют конструкцию или идею устройства не всегда точно и однозначно.

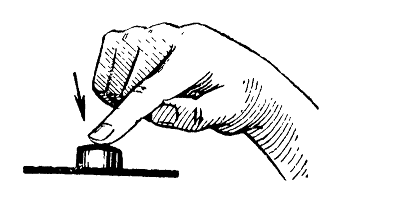
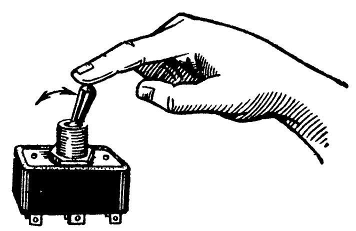
Соединителями и разъединителями называют главным образом устройства, используемые в промышленности для соединения или



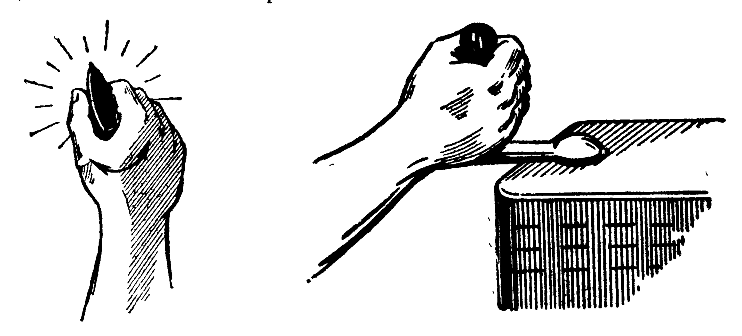
отключения силовых сетей с большими напряжениями и токами. Как правило, для манипулирования такими устройствами нужно затрачивать большие усилия, налегая на рукоятку или штурвал.

Выключатели — это обычно детали, предназначенные для разъединения или соединения одной или двух цепей гораздо меньшей мощности В них приходится нажимать или поворачивать ручку, причем для этой операции часто оказывается достаточным приложить усилие одного или двух пальцев.

Кнопкой называют любой вид коммутирующего устройства, управляемого нажатием одного пальца В отличие от кнопки, имеющей круглую форму нажимной части, клавиша имеет квадратную или прямоугольную форму, хотя она осуществляет нужную операцию тоже при нажатии.

Название «тумблер» обычно относят к коммутационному устройству, управляемому одним или двумя пальцами и имеющему ручку в виде стерженька, перекидываемую с характерным щелчком в пределах небольшого сектора.

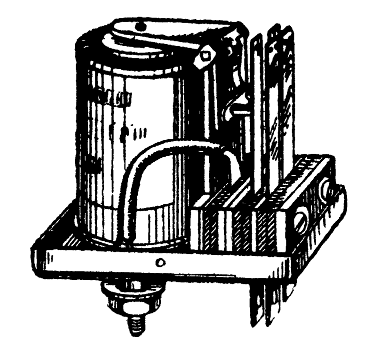


Термин «переключатель» в большинстве случаев присваивают устройству, переключающему сразу большое количество цепей или имеющему большое число возможных положений рукоятки.

Контроллер — тот же переключатель, но для мощных цепей. Он представляет собой сравнительно громоздкое сооружение и приводится в действие усилием всей руки. Пакетником называют переключатель, в котором на общей приводной оси насажены однотипные «пакеты» — плоские единичные элементы коммутации, содержащие на изолирующем основании щетку и несколько контактов. Из таких пакетов в зависимости от необходимости собирают коммутатор любой сложности.

Термин «коммутатор» является, пожалуй, самым общим. Его можно присваивать коммутационным устройствам, самым различным по способу приведения в действие и числу возможных соединений

Иной смысл имеет термин «реле». Им называют широкий класс устройств, каждое из которых состоит из двух частей: привода и контактных деталей. Привод под влиянием входного сигнала или команды изменяет состояние контактных деталей. Этих состояний может быть только два: замкнуто или разомкнуто. В большинстве реле приводом служит электромагнит, якорь которого, перемещаясь, переключает контактные пружины. Существуют, однако, реле других



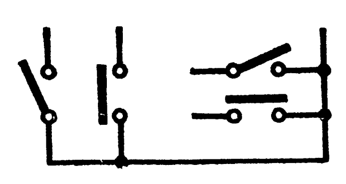
типов, например такие, в которых контактным устройством служит ампула с ртутью и впаянными в ее стенки контактами («чушка»).

«Контактором» или «магнитным пускателем» называют реле для включения цепей большой мощности, снабженное контактными деталями, рассчитанными на пропускание большого тока и разрыв цепи большого напряжения. В последнем случае приходится предусматривать специальные меры гашения электрической дуги. Наконец, те реле, в которых привод является неэлектрическим, например пневматическим, называют «датчиками».

Для лиц, начинающих осваивать знания по электронике, это обилие названий, употребляемых иногда не очень точно, часто служит причиной многих недоуменных вопросов.

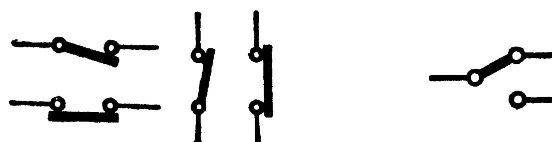
Не очень установилась еще терминология и в области контактных групп. Если при срабатывании контактная группа замыкает цепь, то ее называют замыкающей или нормально разомкнутой. Слово «нормально» относится к состоянию, когда **выключено** питание **и отсутствует** внешняя принудительная сила, воздействующая на подвижные контакты, например нажатие пальца.

В условных обозначениях выключателей и подобных им устройств замыкающий контакт изображают толстой черточкой, которая не соединяет символы соединительных проводов, снабженных кружочками на разомкнутых концах. Эта черточка должна располагаться так, как если бы воздействие на нее осуществлялось слева или сверху. Фактически оба эти символа представляют собой упрощенные рисунки: один — отключенного рубильника, второй — вынутой ножевой вставки. Нормально разомкнутый контакт в схемах реле изображают еще более упрощенно, причем разрешается линию подвижного контакта вычерчивать более толстой.



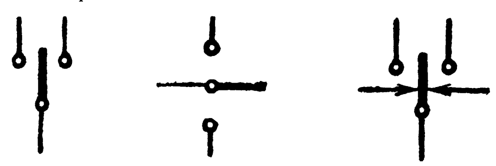
После рассмотрения способов изображения замыкающего контакта нетрудно понять, как на схемах представляют размыкающий (или нормально замкнутый) контакт. Он имеет такое же начертание, как и предыдущий и различается только положением замыкающих деталей.

Контакт, работающий на переключение, изображают как соче-



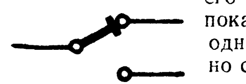
тание двух предыдущих, что не требует особых пояснений В прежней символике при изображении переключателей второе положение подвижной пластины указывали штриховой линией, а саму эту пластину — стрелкой

В переключателях иногда применяют переключающие контактные группы с нейтральным положением подвижной пластины. Сим-

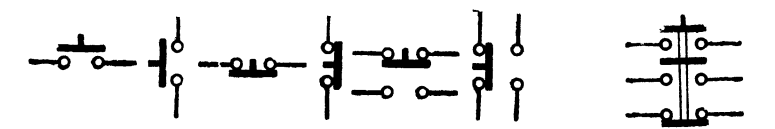


вол такой контактной группы отображает это соответствующим положением толстой черточки. Если переключатель такого рода фиксируется только в среднем положении, то на схеме это отмечают двумя стрелочками, которые как будто удерживают подвижную пластину в среднем положении.

В переключателях изредка встречается коммутация без разрыва цепи. Тогда поперек символа переключающегося контакта, у его конца, ставят короткую толстую дужку. Она показывает, что подвижной контакт, находясь на одном неподвижном контакте, может одновременно соединяться и с другим.



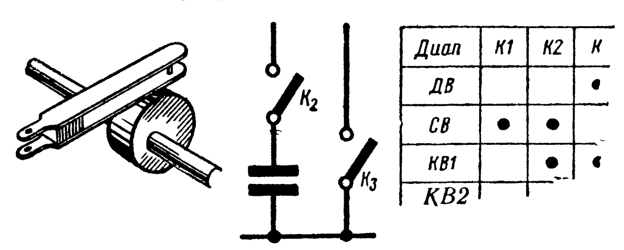
Символ кнопок, т. е. коммутационных устройств, управляемых нажатием пальца, получают прибавлением к условному обозначению контакта короткой черточки, изображающей пуговку, через которую палец воздействует на контактную группу. При этом выдерживают тот же принцип, который был установлен для всех контактов: усилие на контакт (на



пуговку кнопки) прикладывают сверху вниз или слева направо. Таким способом получают символы кнопок с самовозвратом и нормально разомкнутыми, нормально замкнутыми и переключающимися контактами. Самовозврат кнопок осуществляется пружиной, в качестве которой часто служит одна из контактных пружин. Если одна кнопка управляет коммутацией многих контактов, то символы нескольких контактов соединяют двумя тонкими линиями, изображающими механическую связь.

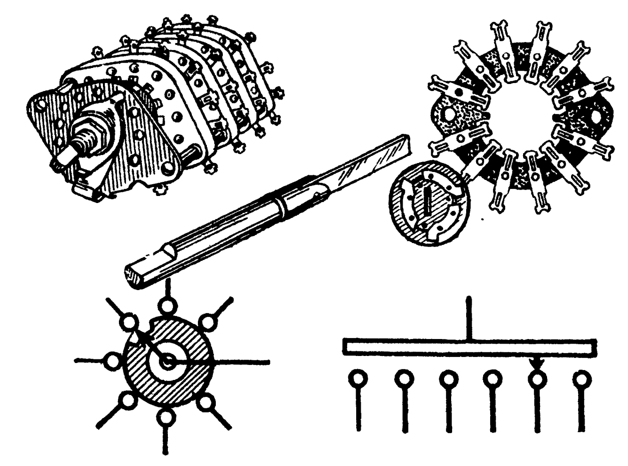
Большое количество переключателей встречается в радиоприемниках, особенно высокого класса. Их применяют главным образом для смены поддиапазонов волн, которых может быть семь и больше, причем такую многопозиционную коммутацию нужно осуществлять одновременно во многих блоках радиотехнического устройства. Длительное время использовали конструкцию, в которой на общем валу был насажен ряд фигурных кулачков, осуществлявших пере-

ключение контактных пружин. Такое устройство было излишне громоздким, хотя и позволяло разносить контактные группы в разные блоки, которые приходилось пронизывать общим валом На схемах условные обозначения контактных групп помещали в участки, где они были включены, нумеровали, а в отдельной табличке, помещае-



мой тут же на схеме, указывали, какие контакты замкнуты при различных положениях переключателя.

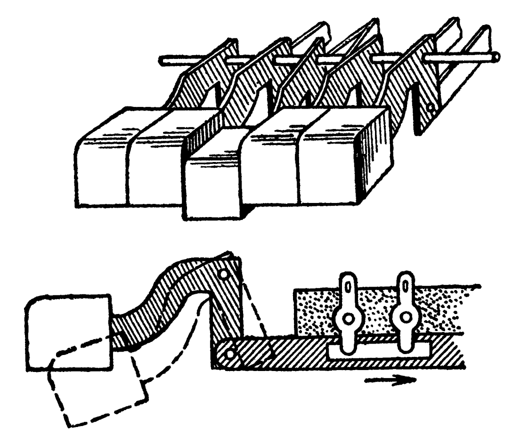
Позже появилась конструкция переключателя, составленного из отдельных «плат» (искажение слова «пластина») На каждой плате имеется кольцо, на котором радиально закреплены пружинные кон-



такты, и с противоположной стороны — контактные дуги. Внутри кольца располагается диск из того же изоляционного материала, что и кольцо. В диске установлены контактные штырьки, осуществляющие соединение между контактными дугами и контактными пружинами. В современных переключателях применяют иную конструкцию: на диске устанавливают металлический сектор, осуществляющий замыкание одних контактов с другими, как показано на рисунке. Кроме того, в диске имеется узкая прорезь, через которую проведена ось, имеющая форму полоски. Таких плат в переключателе несколько в зависимости от необходимости На схемах, особенно в иностранной литературе, изображение подобного переключателя

часто имеет вид упрощенного рисунка конструкции, на котором контактные пружины изображены кружками (собственно только контактная поверхность их), а контактные дуги — дугообразными линиями. Контактный штырек при этом изображен маленьким зачерненным треугольничком. Круговое расположение контактов не очень удобно при сочетании со схемой, в которой применяют соединительные линии, расположенные только горизонтально или вертикально. Поэтому условные обозначения таких переключателей вскоре стали разворачивать в линейные.

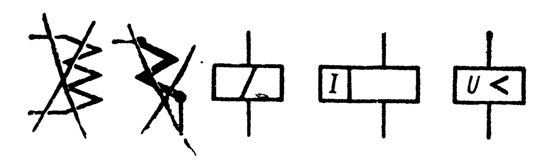
Большой недостаток всех поворотных переключателей заключается в излишнем износе контактов, поскольку переход с одного крайнего контакта на другой осуществляется через все промежуточные контакты, которые напрасно истираются. В настоящее время поворотные переключатели вытесняются клавишными. В конструкциях переключателей такого вида всегда имеется деталь, обычно линейка, которая при нажатии одной клавиши освобождает все ранее нажатые. Каждая клавиша связана с собственно коммутационной



частью. Последнюю выполняют в виде линейки из изоляционного материала, например гетинакса, перемещаемой вдоль направляющей и несущей на себе контактные перемычки. К линейке прижаты контактные пружины, которые в зависимости от положения линейки замыкаются перемычками накоротко. На схемах клавишные переключатели изображают в виде отдельных групп условных обозначений контактов и замыкателей, связанных штриховой или штрихпунктирной линией в соответствии с объединением их в реальном переключателе по линейкам.

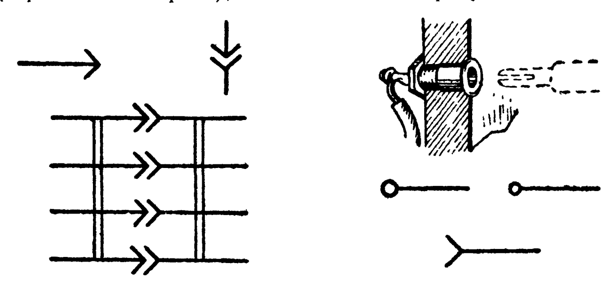
В электрических реле, кроме контактных элементов, важна обмотка, обозначение которой также претерпело эволюцию. Не так давно ее обозначали зигзагообразной линией, что соответствовало символу катушки индуктивности. Потом символ упростили, оставив всего два излома зубчатой линии. В последние годы получило распространение и теперь утверждено ГОСТ обозначение обмотки в форме прямоугольника. Допускается изображать выводы обмотки

по одну сторону прямоугольника и вписывать в последний величину сопротивления обмотки или ставить другие пометки, например I и U, что соответственно означает обмотку реле максимального тока (срабатывает при превышении током указанной величины) и реле минимального напряжения (отпускает, если напряжение оказывается меньше обозначенного номинала). Большинство пометок помеща-



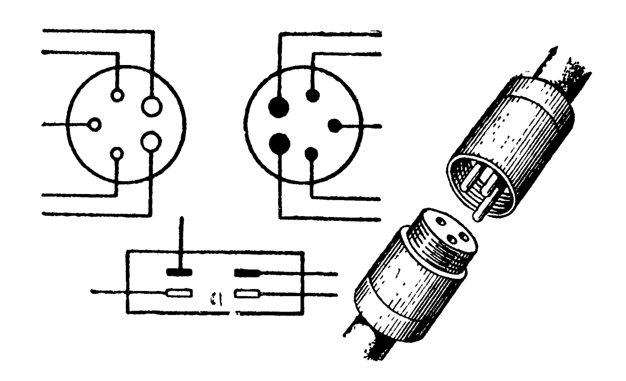
ют в отдельный «отсек» прямоугольника. Последний в связи с этим приходится увеличивать

Последние из коммутационных элементов — различные соединительные устройства Наиболее простые из них — обычные гнезда и зажимы (клеммы). Одно из условных обозначений гнезда — кружок, иногда — двойной кружок. Наряду с этими обозначениями по ГОСТ гнездо изображается двумя черточками, расположенными под углом 90° (стрелка «наоборот»), как показано на рисунке.

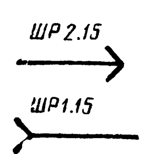


Во всяком электрическом соединении одну часть по отношению к другой принято называть ответной. Ответной частью по отношению к гнезду является вилка. Ее изображают символом, напоминающим стрелку. Если требуется, то изображают оба символа вместе, т е. все штепсельное соединение целиком. В изображении штепсельного разъема, содержащего не один, а несколько контактов, символы этих контактов (гнезд или штепселей) связывают символическим обозначением конструктнвного соединения — двумя тонкими параллельными линиями.

Во многих устройствах применяют штепсельные разъемы с большим числом контактов В них контактные детали располагают так, чтобы замыкание можно было сделать только одним определенным образом во избежание неправильного соединения, которое порой может повлечь за собой серьезную аварию. Между прочим, соединение цоколя лампы с ламповой панелькой по сути является штепсельным разъемом, и легко себе представить, что произойдет при неправильном включении, когда например, анодное напряжение попадет на нить накала.

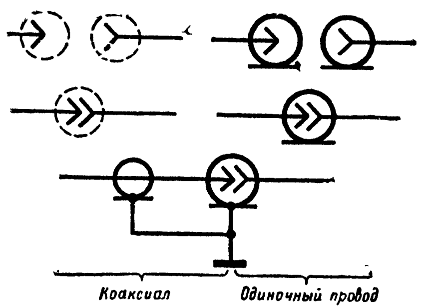


В целях облегчения ориентировки в реальном устройстве на схемах иногда в сильно упрощенном виде изображают сам разъем с «лицевой» стороны. Гнезда изображают незачерненными, а штырьки — зачерненными кружками или прямоугольниками.



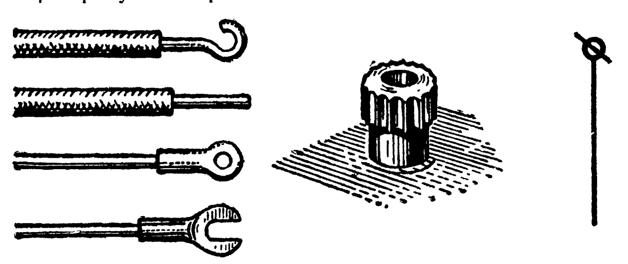
Такие разъемы всегда имеют на контактах нумерацию, что дает возможность лаконично указывать «адрес» контакта буквенно-цифровой записью около него, даже если контакты разнесены по схеме. Обычно пишут буквы ШР, что означает «штепсельный разъем», а затем два числа, первое из которых указывает номер разъема, а второе — номер контакта на нем. Например, «ШР 2,15» означает «2-й штепсельный разъем, 15-й контакт»

Для сверхвысокочастотных устройств разработано много типов экранированных и коаксиальных штепсельных соединений. Их изоб-



ражают, как обычные штепсельные соединения, но дополнительно вводят штриховой кружок экранирования или кружок сплошной линией с черточкой как символ коаксиальной конструкции. Если коаксиальная конструкция в коаксиальном разъеме сочетается с однопроводной неэкранированной, то на схеме это можно показать как на рисунке, приведенном здесь для примера (с гнездом связан одиночный провод, а со штепселем — коаксиальная линия).

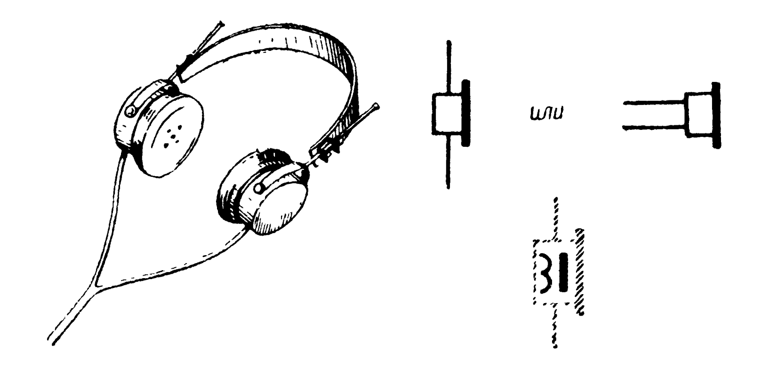
Гораздо реже штепсельных, применяют зажимные соединения. Это винтовой зажим для соединения с голым проводом или проводом, снабженным наконечником. Обозначают зажим кружком, наискось перечеркнутым короткой линией.



ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ И ЗВУКОСИГНАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

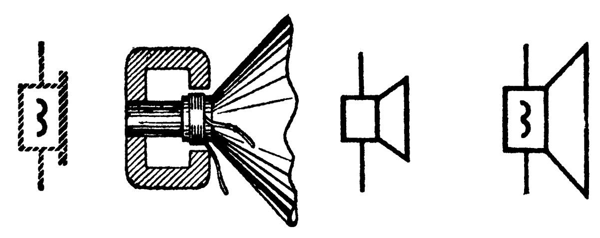
Электроакустические приборы предназначены для преобразования электрической энергии в энергию колебаний воздуха или наоборот. Их условные обозначения изображаются либо в общем виде, когда отмечается только назначение прибора, либо более детально путем прибавления значка, указывающего принцип действия и конструкции.

Например, общий символ телефона построен по принципу сходства с внешним видом одного «уха» головного телефона. Но в этом символе не отображены конструкция и идея устройства прибора,



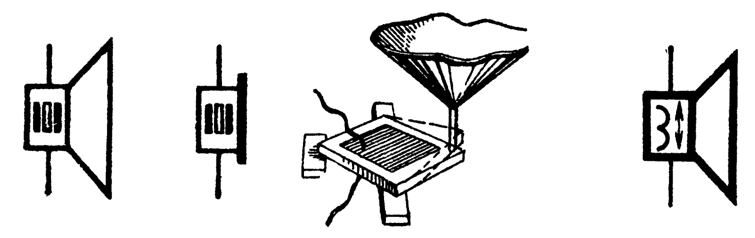
Если на схеме требуется показать, что телефон электромагнитный, то в символе добавляют значок условного обозначения катушки с ферромагнитным сердечником, т. е. символ электромагнита. В таком телефоне обычно имеется электромагнит в форме двух катушек с сердечниками, воздействующими на тонкую стальную мембрану.

Другой значок — символ катушки без сердечника — свидетельствует об электродинамическом принципе электроакустического прибора. В этом случае легкая катушка, к обмотке которой подводят



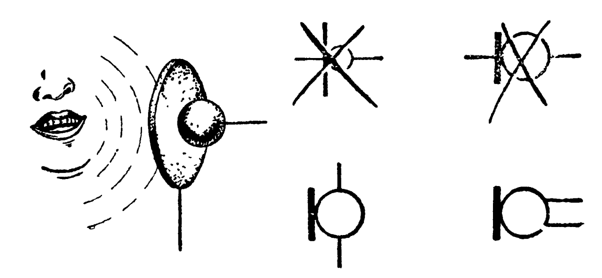
напряжение сигнала, находится в зазоре магнитопровода с мощным постоянным магнитом.

В пьезоэлектрических приборах, содержащих пьезоэлемент с металлическими обкладками, закрепленный одним концом на корпусе, а другим — на диффузоре, значок изображает пластину и две обкладки.



В приборах, использующих явление магнитострикции (слово «стрикция», происходящее от латинского «стрингере», означает стягивание, сжимание), значок состоит из символа катушки, у которого вместо знака сердечника поставлена двунаправленная стрелка.

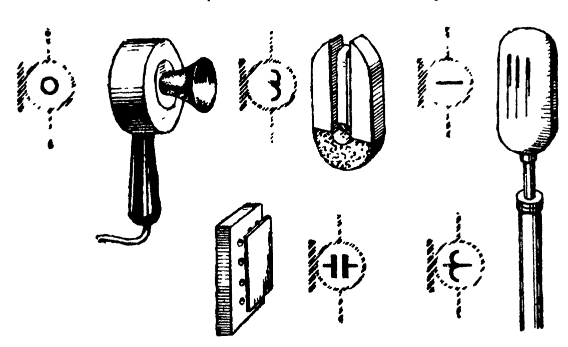
Все указанные значки могут быть использованы не только для телефонов и громкоговорителей, но вообще для всех акустических приборов, в том числе и микрофонов. Символ микрофона является примером того, как долго в условном обозначении сохраняется историческое прошлое.



Один из первых микрофонов состоял из угольной мембраны, находившейся в контакте с угольным шариком. Профильный рисунок этой конструкции и составил прежнее условное обозначение микро-

фона. В новом ГОСТ соединительные линии расположены иначе, но сам символ остался неизменным. Это условное обозначение является общим и относится к микрофонам всех видов Если необходимо указать, что микрофон угольный, то внутри символа помещают небольшой кружок.

Значком катушки без сердечника внутри символа отмечают условное обозначение электродинамического катушечного микрофона.

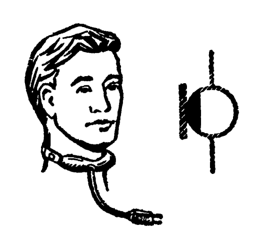


Электродинамический ленточный микрофон, состоящий из магнитной системы с зазором и тонкой металлической ленты, обозначают условным значком в форме прямой линии, изображающей ленту.

В конденсаторном микрофоне, основу конструкции которого составляют массивная металлическая пластина с отверстиями и расположенный параллельно с нею листок металлической фольги, значком, указывающим на особенности этого микрофона, является символ конденсатора.

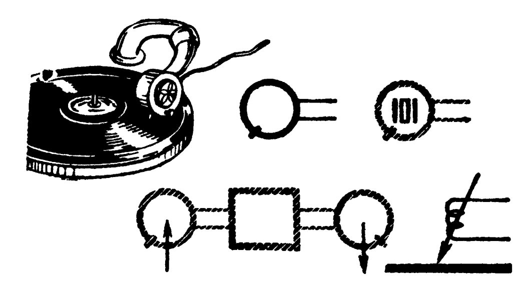
Иногда применяют комбинированные микрофоны, например комбинированный электродинамический, в котором для воспроизведения колебаний высоких частот используется лента, а низких — катушка. Такой микрофон отмечают комбинированным значком ленты и катушки.

Имеются еще специальные микрофоны, называемые ларингофонами и остеофонами. Ларингофоны — микрофоны (обычно используемые попарно), надеваемые на горло и плотно к нему прилегающие. Их используют для передачи речи в условиях сильных шумов, например на самолете. Названием «остеофон» обозначают микрофоны, использующие костную проводимость звука, которая хорошо проявляется у костей черепа. Для остеофонов и ларингофонов предусмотрен специальный символ — обычное обозначение микрофона с зачерненным сегментом. Внутри символа может быть поставлен знак принципа конструкции.



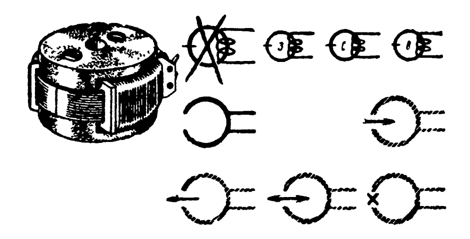
Ряд условных обозначений относится к деталям для записи и воспроизведения звука. Очень широкое распространение имеют звукосниматели для проигрывания грампластинок Общий символ звуко-

снимателя — кружок с короткой черточкой — повторяет внешний вид старинной конструкции с торчащей стальной иголкой. Чтобы уточнить идею конструкции, внутри символа можно поместить один из значков, рассмотренных выше. Этот же символ используют для изображения рекордера — прибора, преобразующего электрическую энергию в механические колебания резца, который на специальном



или целлулоидном диске вырезает звуковую дорожку. В случаях, когда на одной схеме изображают и звукосниматель, и рекордер, для различения их можно ставить стрелки. В обозначении звукоснимателя стрелка направлена внутрь, а в обозначении рекордера — наружу символа. Изредка в иностранной литературе встречается другой символ звукоснимателя: символ катушки, пронзенный стрелкой, которая упирается в черту, символизирующую грампластинку.

В послевоенные годы широкое распространение получила звукозапись на магнитную ленту и в связи с этим условные обозначения



магнитных головок. Магнитная головка содержит магнитопровод со щелевым зазором и обмоткой. Сначала условное обозначение магнитной головки воспроизводило магнитопровод, зазор и обмотку.

Назначение головки — запись, воспроизведение или стирание — фиксировали буквами: соответственно *З*, *В* и *С*. Сейчас обмотки не указывают совсем, а зазор указывают разрывом в символе сердечника. Назначение головки отмечают значками. В символе головки записи ставят стрелку острием наружу, головки воспроизведения — острием внутрь, универсальной головки записи — воспроизведения — двунаправленную стрелку; значком для стирающей головки служит крестик как символ уничтожения.

Приборы звуковой сигнализации тоже преобразуют электрическую энергию в звуковую, но от них не требуется работа в большом

диапазоне частот. Наиболее распространенным сигнальным прибором является звонок Его изображают на схемах символом, полученным предельным упрощением рисунка современной конструкции звонка, в котором механизм спрятан под колокольчиком. Вспомогательные значки позволяют указать род тока для питания звонка: горизонтальная черта означает постоянный, а синусоида — переменный ток.



Существует еще и другая конструкция звонка, получающая применение в ряде устройств, — это одноударный звонок Он содержит простой электромагнит с колокольчиком На каждое включение тока звонок реагирует одним ударом. В обозначении такого звонка ставят вертикальную черту, изображающую единицу.

Звонок со снятым колокольчиком издает характерный жужжащий звук. Имеются и специальные приборы, в которых при включении тока колеблется стальной язычок, создающий жужжание, не утомляющее слух. Такие приборы называют зуммерами и изображают, как звонок, только линии питания подводят с другой стороны символа.

АНТЕННЫ

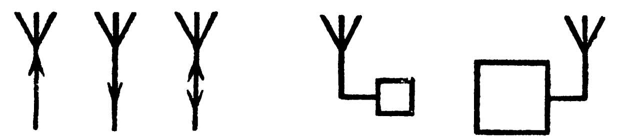
Антенна передатчика предназначена для преобразования энергии тока высокой частоты, поступающего из передатчика, в энергию электромагнитных волн Антенна приемника совершает обратное преобразование: она извлекает из электромагнитных волн, посланных радиопередающей станцией, некоторую энергию и превращает ее в энергию тока высокой частоты. Поэтому в передающей антенне осуществляется преобразование относительно больших потоков энергии, а в приемной — очень малых.

Современные мощные передатчики излучают в пространство столько энергии, сколько потребляет ее (правда, для других нужд) районный центр. Через приемную же антенну проходят совсем незначительные потоки энергии, примерно столько, сколько попадает в глаз человека, смотрящего в полной темноте на спичку, зажженную на расстоянии нескольких километров.

Несмотря на такую огромную разницу в преобразуемых потоках энергии, по принципу своего устройства, а главное по условным обозначениям на радиосхемах приемные и передающие антенны почти не различаются

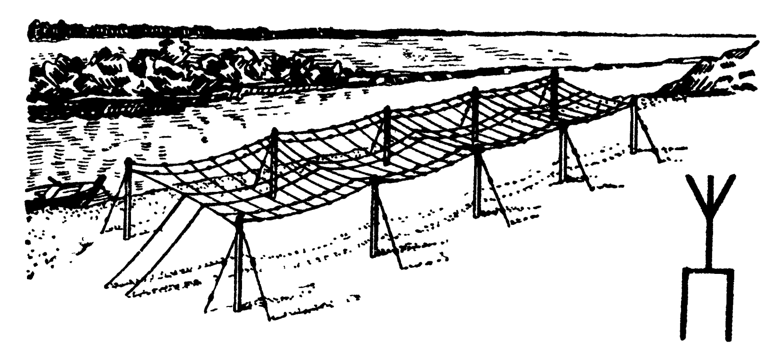
Происхождение общего символа антенны уже было рассмотрено на стр. 17, и там же были приведены символы, применявшиеся прежде. Изредка на схеме требуется различить условные обозначения приемной антенны и передающей В этом случае, согласно ГОСТ, на соединительной линии к символу антенны ставят стрелку по направлению к символу для передающей антенны и от символа — для приемной. Если антенна является приемо-передающей, т е служит

и для приема, и для передачи, то ставят стрелки в обе стороны. Однако в большинстве схем назначение антенны настолько очевидно, что эти стрелки не ставят. Это назначение, между прочим, легко определить и по месту расположения символа антенны относительно



остальной части схемы Так как схема строится слева направо, в приемнике она будет начинаться с символа антенны, а в передатчике заканчиваться им.

Антенны средних и длинных волн обычно имеют однопроводный выход (собственно вторым проводом является соединение

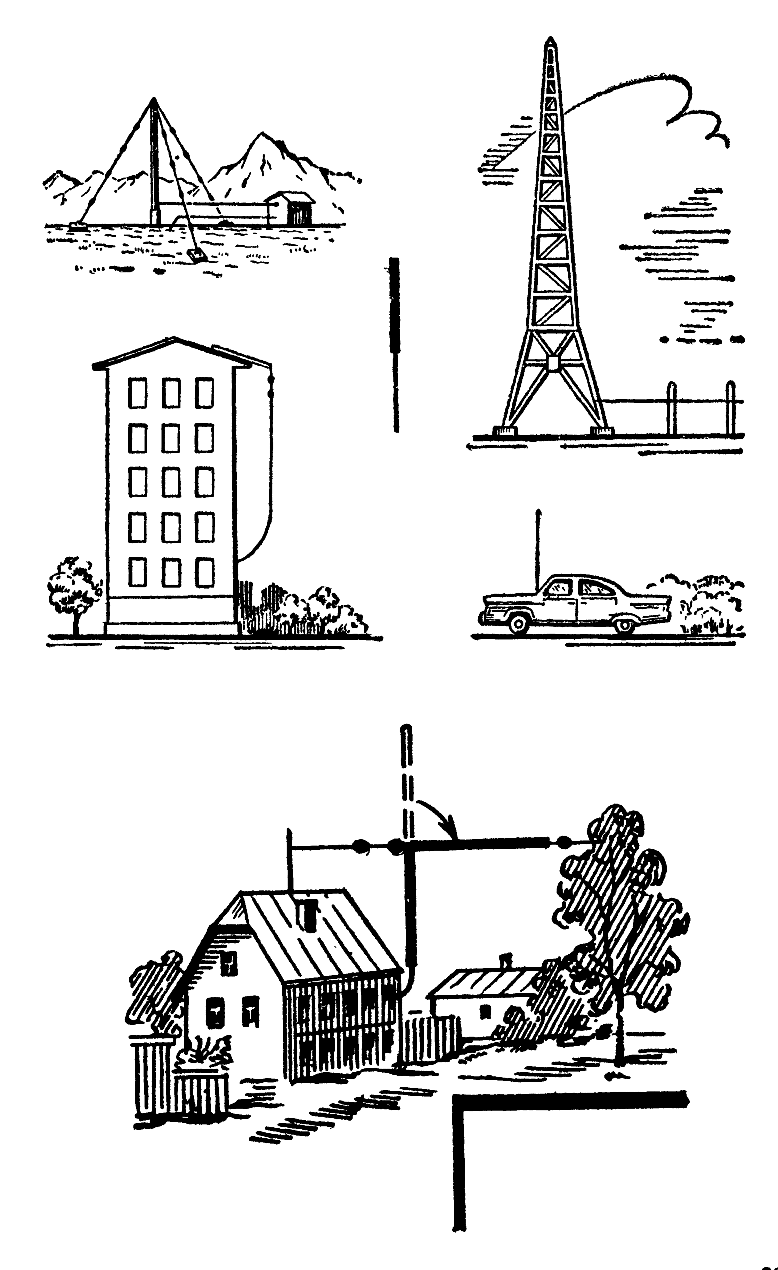


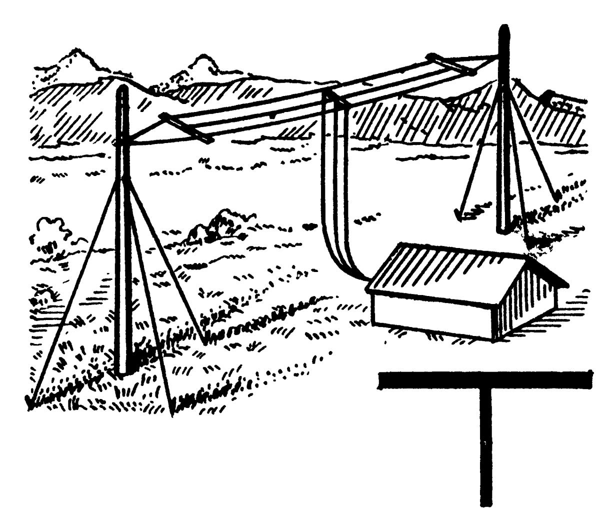
с землей) Для диапазонов коротких и особенно ультракоротких волн применяют антенны с двухпроводным выходом. Если уточнять тип антенны не требуется, а надо только указать, что есть антенна с двухпроводным или, как говорят, симметричным выходом, то используют общий символ, но изображенный с двумя выводными линиями.

Помимо общих символов антенны, в ГОСТ предусмотрено значительное количество символов, позволяющих указать и конструкцию ее

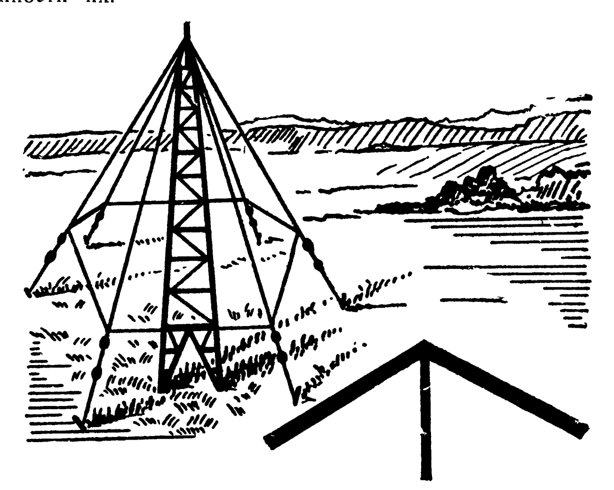
Простейшей антенной длинных, средних и даже коротких волн является вертикальная антенна Она может представлять собой и вертикально подвешенный провод, и вертикальный штырь, и башню, тело которой используется в качестве излучателя. Вне зависимости от реального конструктивного выполнения такую антенну изображают вертикальным отрезком прямой более толстой, чем остальные линии схемы.

Лучше всего такая антенна работает, если она настроена, т. е. имеет длину, равную четверти длины рабочей волны На средних и особенно длинных волнах такую длину осуществить часто нет возможности. Чтобы сохранить настройку и одновременно получить высоту сооружения меньшей, применяют антенны с горизонтальной





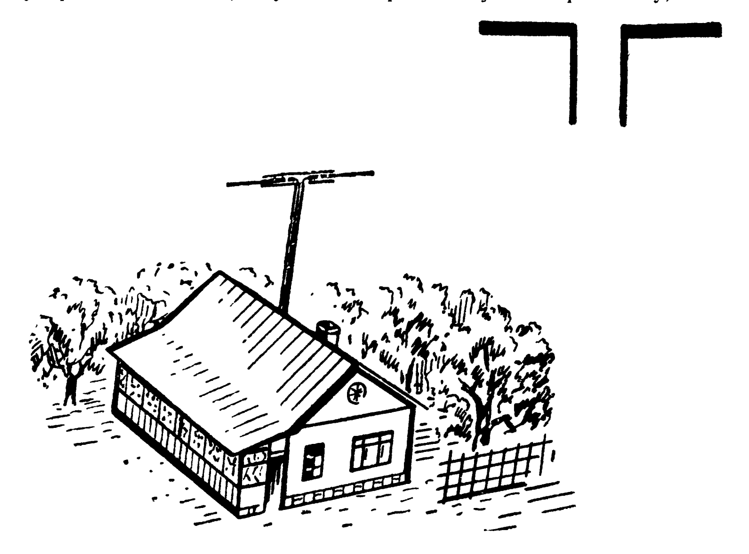
частью В зависимости от формы этой горизонтальной части различают Г-образные, Т-образные и зонтичные антенны Условные обозначения таких антенн хорошо отражают эти конструктивные особенности их.



Во всех этих антеннах активной является вертикальная часть, осуществляющая передачу или прием Это характерная особенность средневолновых и длинноволновых антенн. Антенны коротких и особенно ультракоротких волн по характерным особенностям распространения этих волн строят таким образом, что рабочими активны-

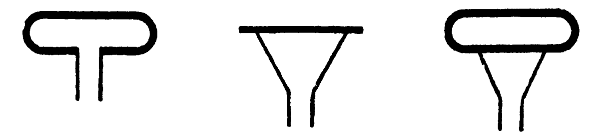
ми элементами являются горизонтальные части. Простейшая антенна в этих диапазонах волн — диполь («ди» — два, «поль» — искаженное «полюс»), или, иначе, симметричный вибратор.

Такой вибратор представляет собой горизонтально расположенный проводник с разрывом посредине. К его разрыву подключена двухпроводная линия, идущая к передатчику или приемнику, кото-



рую принято называть фидером (от английского «ту фид» — питать). Представителем антенн такого вида является самая простая телевизионная антенна, которую часто называют одно-элементной, поскольку она состоит всего из одного вибратора. Условное обозначение симметричного вибратора представляет собой предельно упрощенный чертеж его.

Если симметричный вибратор настроен, т. е. его длина составляет половину длины рабочей волны, то сопротивление, которое он

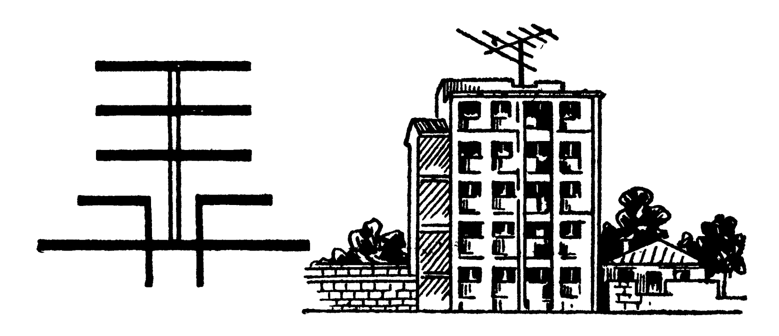


представляет для фидера, равно примерно 78 *ом* В некоторых случаях это сопротивление нужно получить иным Меньше 78 *ом* имеет входное сопротивление вибратор шунтового питания. Это антенна в форме полуволнового вибратора, но без разрыва посредине. Фидер к этому вибратору подключают в определенных точках, симметричных относительно центра. Символическое изображение вибратора

шунтового питания также представляет собой упрощенный его чертеж.

Примерно 300 *ом* имеет входное сопротивление петлевой антенны, которую иногда называют также шлейф-антенной. На условном обозначении этой антенны хорошо видно, что она представляет собой узкую петлю, в разрыв которой включен фидер. Если применить петлевую антенну шунтового питания, то, меняя точки подключения фидера, можно регулировать входное сопротивление, которое нагружает фидер.

Все вибраторы, рассмотренные выше, подключены к фидеру, и поэтому их называют активными. В сложных антеннах часто применяют и пассивные вибраторы, т. е. такие, к которым фидер не подключен и в которых токи наводятся от расположенных поблизости активных вибраторов. Многовибраторные антенны применяют для того, чтобы получить направленное действие (передачу в передающих ан-



теннах или прием в приемных). Если дополнительный вибратор размещается за основным (с точки зрения корреспондента), то его называют рефлектором (от английского «ту рифлект» — отражать), а если перед основным, — то директором (от английского «ту директ» — направлять). Таким образом, трехэлементная антенна может состоять из одного активного вибратора, рефлектора и директора.

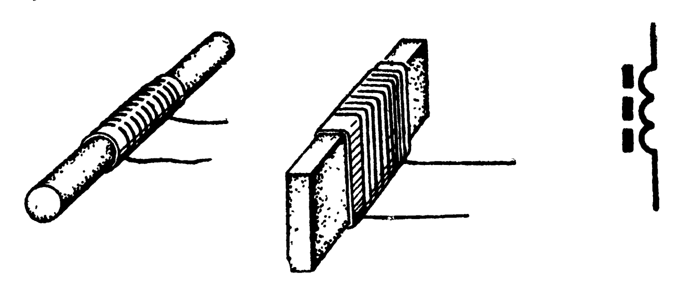
Необходимо заметить, что по ряду соображений директоры делают несколько короче основного вибратора, а рефлекторы — несколько длиннее. Это находит отражение на условном обозначении такой антенны. На приведенном здесь рисунке показано условное обозначение пятиэлементной телевизионной антенны с тремя директорами и рефлектором. Для того чтобы подчеркнуть, что изображены не разрозненные вибраторы, а одна антенна, на условном обозначении двумя тонкими линиями указана механическая связь между символами вибраторов.

В заключение нужно отметить, что, помимо рассмотренных символов, в ГОСТ имеется и ряд других, относящихся к области сантиметровых волн и не встречающихся в практике радиолюбителей.

В последние годы в связи с массовым выпуском переносных (карманных) приемников широкое распространение получили магнитные антенны, названные так в отличие от электрических антенн (это полное название почти не употребляется теперь). Дело в том,

что все рассмотренные выше антенны используют электрическую составляющую электромагнитного поля Магнитные же антенны используют магнитную составляющую этого поля.

Магнитная антенна представляет собой стержень из магнитодиэлектрика, на который намотана катушка. Магнитное поле, концент-

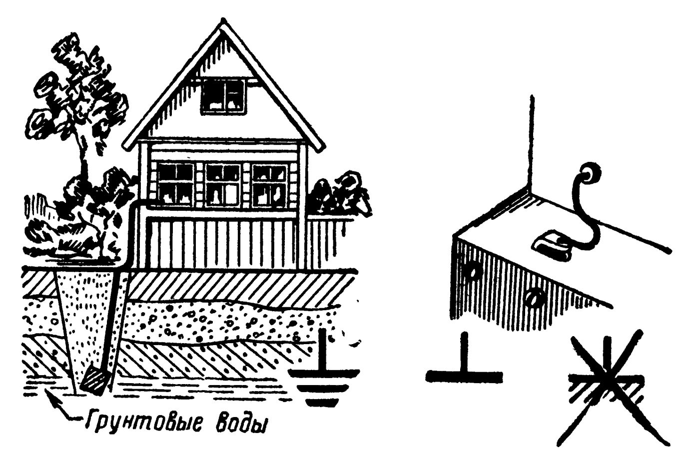


рируясь в сердечнике, наводит в катушке э. д. с. Обозначают магнитную антенну, как катушку с сердечником из магнитодиэлектрика.

РАЗЛИЧНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Имеется еще ряд условных обозначений, которые должны быть известны всякому, кто читает схемы.

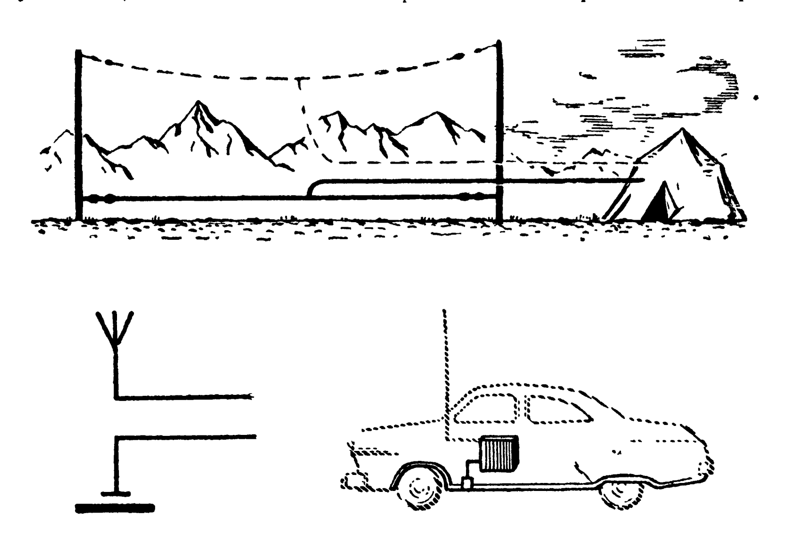
Важной деталью большинства радиотехнических устройств считается заземление (заземлением называют присоединение к Земле). Практически земная поверхность (почва) не очень хороший провод-



ник электричества и для осуществления надежного заземления приходится зарывать металлические листы, трубы или иные предметы на глубину почвенных вод. Если почва достаточно сыра, то можно просто забить стальную трубу на глубину 1,5—2 *м*. На схемах за-

земление обозначают тремя черточками различной длины, заштриховывающими треугольник.

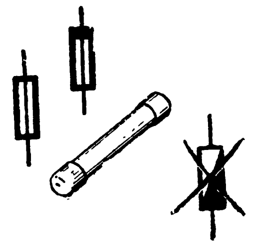
Во многих устройствах заземления не применяют, но в качестве общего проводника используют корпус прибора (его шасси). При этом ток высокой частоты может проходить на землю через емкость, которую имеет корпус прибора относительно почвы Для присоединения к корпусу в ГОСТ предусмотрен особый знак — толстая черта. Прежде для этого использовали штриховку в пределах прямоугольника, т. е. в соответствии с нормами машиностроительного чер-



чения изображали кусок конструктивного элемента корпуса. Этими двумя знаками ограничиваются все условные обозначения заземления. Однако есть еще один символ устройства, близкого по назначению к заземлению Речь идет о так называемом противовесе. В передвижных радиостанциях не всегда можно сделать хорошее заземление, а без него антенна, особенно передающая, работает плохо Если антенна располагается на каменной горе, то заземление соорудить вообще невозможно В таких случаях и прибегают к помощи противовеса, т. е. второго провода, подвешенного под антенной невысоко над землей Для обозначения противовеса предусмотрен специальный символ: тонкая короткая черта и параллельная ей ни с чем не соединенная, более длинная толстая черта. Для автомобильных приемников противовесом, между прочим, служит корпус автомобиля.

Условное обозначение гальванического элемента или аккумулятора состоит из короткой толстой и длинной тонкой черточек, расположенных параллельно Простановка знаков полярности необязательна, но длинная тонкая черта всегда обозначает положительный полюс. Для условного обозначения батареи элементов есть два способа. Можно показать, что в батарее много элементов, использовав

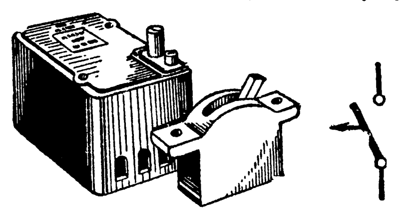
штриховую линию как знак множества, а можно, изобразив один элемент, указать возле него напряжение, которое дает батарея. Если от отдельных элементов сделаны отводы, то их показывают отводными линиями.



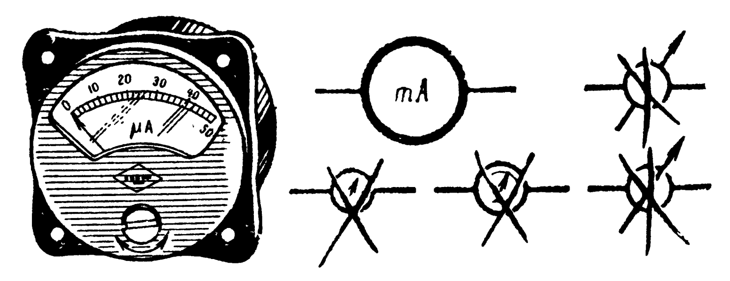
Среди приборов защиты от перегрузок наибольшее распространение имеют предохранители. Прежде их обозначали прямоугольником, зачерченным в пределах половины, ограниченной диагональю. Новое изображение более наглядно: линия проводника, сжигаемого при перегрузках, внутри прямоугольника, символически представляющего собой стеклянную обойму. Если надо отметить, какая сторона держателя остает-

ся под напряжением при снятом предохранителе, то ее помечают зачерненным участком символа.

Плавкий предохранитель после его срабатывания приходится выбрасывать. Поэтому разработаны и получают применение автоматические воздушные выключатели. При перегрузке они автоматически выключают цепь, а после устранения причины перегрузки их можно включить опять. Конструкции их весьма разнообразны. Существуют выключатели, срабатывание которых происходит при изгибании биметаллической пластинки, прогреваемой током. В других выключение происходит за счет притягивания якоря электромагнитом. В любом случае выключатель включают рукой и при этом взводят пружину, которая автоматически освобождается при перегрузке, осуществляя выключение. Обозначают такой выключатель, как обычный, но символ снабжают стрелочкой, показывающей выключение. Конструктивно эти выключатели сложны и делаются неразборными.



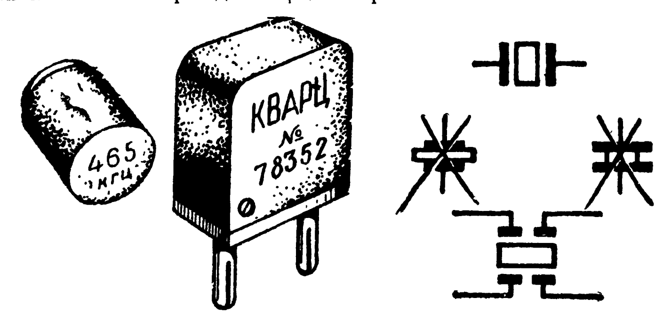
Во многих радиоустройствах имеется один или несколько измерительных стрелочных приборов. Раньше такие приборы изоб-



ражали кружком, перечеркнутым стрелкой. В новом ГОСТ стрелка отсутствует. Для указания назначения прибора в окружность вписывают буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых величин либо начальные или характерные буквы наименований приборов, например: *A* — амперметр; *mA* — миллиамперметр; *μA* — микроамперметр; *V* — вольтметр; *mV* — милливольтметр; Ω — омметр; *M* Ω — мегомметр; *Hz* — частотомер; *G* — гальванометр. В иностранной литературе измерительный прибор изображают кружком со стрелкой внутри и рядом пишут предел измерений.

Имеется еще группа деталей, символы которых частично рассматривались в главе, посвященной электроакустическим приборам. Речь идет о пьезоэлектрических приборах для стабилизации частоты. Быстрое вхождение в связь и надежная, устойчивая работа линий радиосвязи невозможны без высокой стабильности, т. е. устойчивости частоты передатчика. Эта стабильность достигается применением в генераторе, задающем частоту, кварцевой пластинки в роли колебательного контура. Кварцевая пластинка, заключенная между двумя обкладками, колеблется под влиянием приложенного

к ней напряжения, причем частота колебаний, зависящая от размеров пластинки, необычайно постоянна На схемах кварцевую пластинку, или как принято говорить короче, «кварц», изображают символом, указывающим наличие обкладок и присутствие между ними пластинки. Прежде кварц изображали почти также.



Способность кварцевой пластинки резонировать на одной определенной частоте позволяет использовать ее как элемент передачи, пропускающий колебания в пределах очень узкой полосы частот. С этой целью на пластинке кварца помещают две пары электродов. Одна пара возбуждает колебания в пластинке, со второй снимается напряжение. Условное обозначение такого кварцевого фильтра отображает это достаточно наглядно.

КАК ЧИТАЮТ РАДИОСХЕМЫ

Не так давно ученые исследовали, какие движения совершает глаз человека, читающего текст или рассматривающего картину, и установили ряд поразительных фактов.

Оказалось, что глаз, последовательно рассматривая изображение, движется не равномерно, а скачками. Он фиксируется на мгновение на некотором участке, затем совершает быстрый скачок на соседний участок и, рассмотрев его, опять скачком продвигается дальше. Кратковременные остановки необходимы для того, чтобы увидеть и распознать изображение некоторого ограниченного участка; во время же скачка глаз не видит совсем. Если глаз «не узнал» изображения или увидел там нечто важное, он возвращается к этому изображению. Таким образом, было установлено, что в осмыслении увиденного важную роль играет узнавание или, как говорят, опознавание образов.

Опознавание образов представляет собой сложнейший психологический и физиологический процесс и важно для жизни не только человека, но и всех зрячих существ. Исследования показали, что грамотный человек читает книжный текст не по буквам, а целыми слогами и даже словами, опознавая эти сочетания букв одним взглядом, за одну «остановку» взора. Попробуйте, например, читая этот текст, высмотреть, в каких словах встречается буква «н». Если при этом следить за смыслом текста, то обнаруживать отдельные буквы оказывается трудно, часто приходится по нескольку раз перечитывать одно и то же слово, с трудом пре-

одолевая выработанную привычку узнавать все слово, а не отдельные буквы.

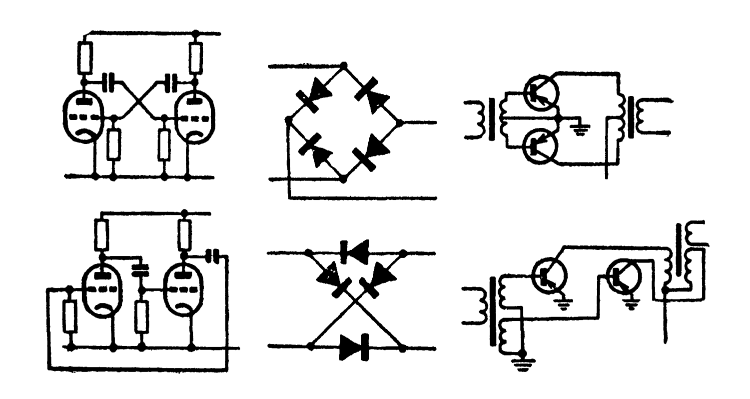
При чтении радиосхем таким же образом приходится распознавать отдельные участки, узлы схем. Подобное узнавание требует наличия по крайней мере двух следующих условий:

1. Человек должен быть натренирован, т. е. должен привыкнуть к характерному начертанию отдельных узлов схем.

2. Все участки схемы должны быть начерчены традиционно, «как рисуют все». Стоит ли упоминать, что самый грамотный человек порой затрудняется прочесть текст, написанный «вверх ногами».

К сожалению, второе условие составители схем не всегда соблюдают, делая чертеж излишне запутанным В этих случаях приходится читать с карандашом в руках, перерисовывая многие узлы, по-привычному. Чем выше радиотехническая квалификация, тем легче выполнить это не на бумаге, а в уме, узнать этот узел, даже если он вычерчен непривычно. Для овладения техникой чтения схем нужно побольше практиковаться, терпеливо разбирая работу отдельных схем по описанию. Очень полезно разбирать даже те схемы, которые не предполагается осуществлять в виде реальных приборов.

На рисунке, приведенном здесь, показаны два начертания для очень распространенных узлов принципиальных схем. Одно начер-

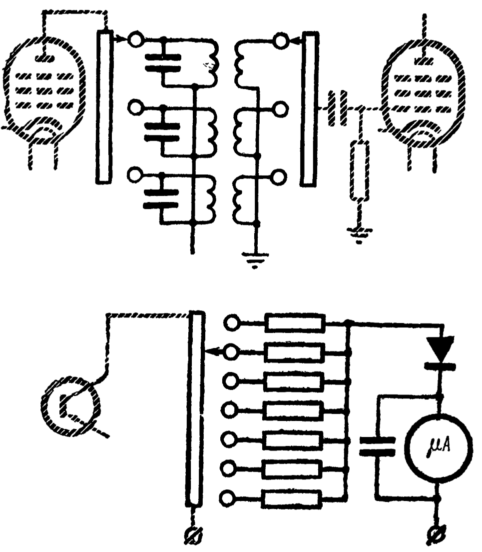


тание (верхнее) — привычное, второе (нижнее) — непривычное для опытного радиотехника. Два варианта одной и той же схемы, тождественные по символам и соединениям между ними, кажутся совершенно разными.

В каждой схеме имеются узловые элементы, в которых происходят самые существенные преобразования сигнала. Обычно ими являются лампы или полупроводниковые приборы. Поэтому практически схему читают скачками от лампы к лампе, от транзистора к транзистору. В промежутках между скачками рассматривают и анализируют близлежащие участки схемы. Таким образом, перемещение взгляда по схеме идет неравномерно, с некоторым «топтаньем» вокруг символов ламп или транзисторов.

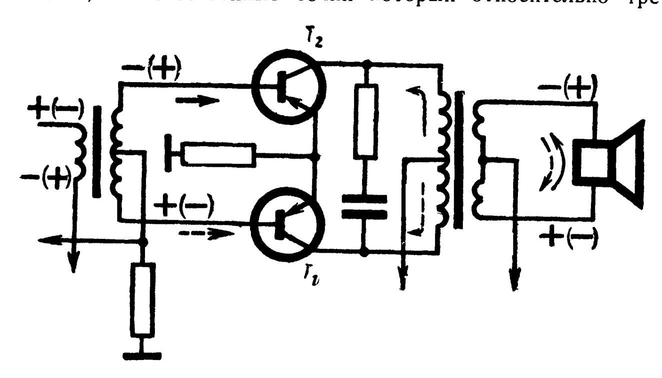
Чтобы облегчить чтение схем, применяют ряд хорошо зарекомендовавших себя приемов.

1. Если в схеме содержится ряд однотипных узлов, то их располагают организованно, например в один ряд по вертикали. Такое расположение указывает на одинаковое функционирование. При чтении схемы достаточно разобрать работу одного узла, а осталь-

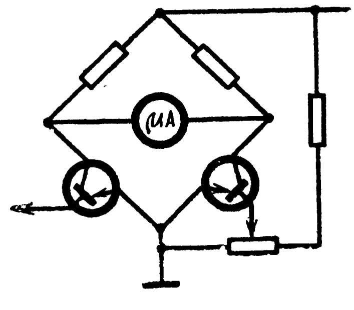


ным, однотипным по действию уделить уже только беглое внимание. На схеме, изображенной здесь, показано переключение колебательных контуров, которые расположены так, что однотипность их работы очевидна.

2. Ряд узлов характеризуется электрической симметрией, т. е. имеет цепи, соответственные точки которых относительно третьих

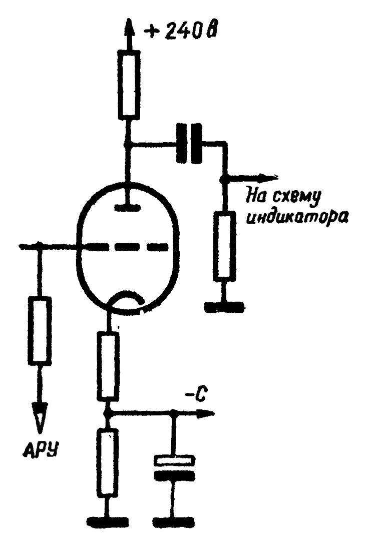


точек имеют равные по величине потенциалы противоположных знаков. На схемах это отражают графической симметрией относительно горизонтальной или вертикальной оси. Тогда при чтении схемы подробно рассматривают только одну половину, видя, что вторая половина симметрична, т. е. работает так же, но потенциалы имеют противоположные знаки. В качестве примера можно привести схему выходного двутактного каскада приемника «Гауя». Транзисторы, входящие в этот каскад, работают поочередно в разные полупериоды входного напряжения. Переменное напряжение, поданное на вход в положительный полупериод (знаки без скобок и сплошные стрелки), отпирает транзистор T_2, а в отрицательный (знаки в скобках, штриховые стрелки) — транзистор T_1.



Установилась традиция некоторые схемы изображать симметрично относительно вертикальной оси, например схемы триггеров, мультивибраторов и т. п. Уже один их внешний вид дает возможность опытному взору определить, что это за схема.

3. Элементы мостовых схем принято располагать по сторонам ромба или квадрата, ориентированного диагоналями по горизонтальной и вертикальной осям. Мостовая схема характеризуется тем, что она может быть «сбалансирована». Состояние баланса наступает при равенстве произведений сопротивлений противоположных плеч и характеризуется отсутствием напряжения на выходной диагонали моста вне зависимости от того, что подано на входную. При «разбалансировке» моста, например при изменении сопротивления только одного плеча, на выходе появляется напряжение, пропорциональное степени разбалансировки. Своеобразие начертания моста также без слов говорит об особенностях его действия.



4. Отдельные узлы схемы легче узнавать, если на чертеже они в той или иной мере отделены один от другого, если соединительные линии или одиночные символы не маскируют это расчленение. Между тем ряд соединительных линий, в частности линии цепей питания и соединения на землю, приходится подводить почти ко всем узлам. Эти линии, как правило, имеют большую протяженность и прослеживание их часто затруднено. Взгляд, двигаясь скач-

ками, непроизвольно перескакивает на соседние, тоже длинные линии. Для устранения этих недостатков условно обрывают соединительные линии, а на месте обрыва ставят стрелочку и надпись, куда направляется оборванный конец. Эта надпись может быть буквенной, например: *+ А* (положительный полюс анодного источника питания), *—С* (отрицательное напряжение смещения), *АРУ* (автоматическая регулировка усиления), АПЧ (автоматическая подстройка частоты), либо цифровой (+ 240 *в*, — 20 *в*). Оборванные линии питания накала часто снабжают стрелками с надписью. Линии, идущие к заземлению или указывающие присоединение к земле, вместо стрелки заканчивают символом заземления или корпуса.

5. Трассы соединительных линий, по которым движется основной сигнал, стараются располагать по горизонтальной оси схемы на одном уровне с символами ламп и транзисторов. Соединительные линии для цепей питания анодов ламп и коллекторов транзисторов размещают в верхней, а соединительные линии заземления и питания смещения — в нижней части схемы (см., например, схему на следующей странице).

Соединительные линии цепей накала, если они изображаются на схеме, тоже стараются прокладывать на отдельном уровне в нижней части схемы. Ориентироваться в схеме легче, если оборванные концы соединительных линий располагают тоже по отдельным уровням.

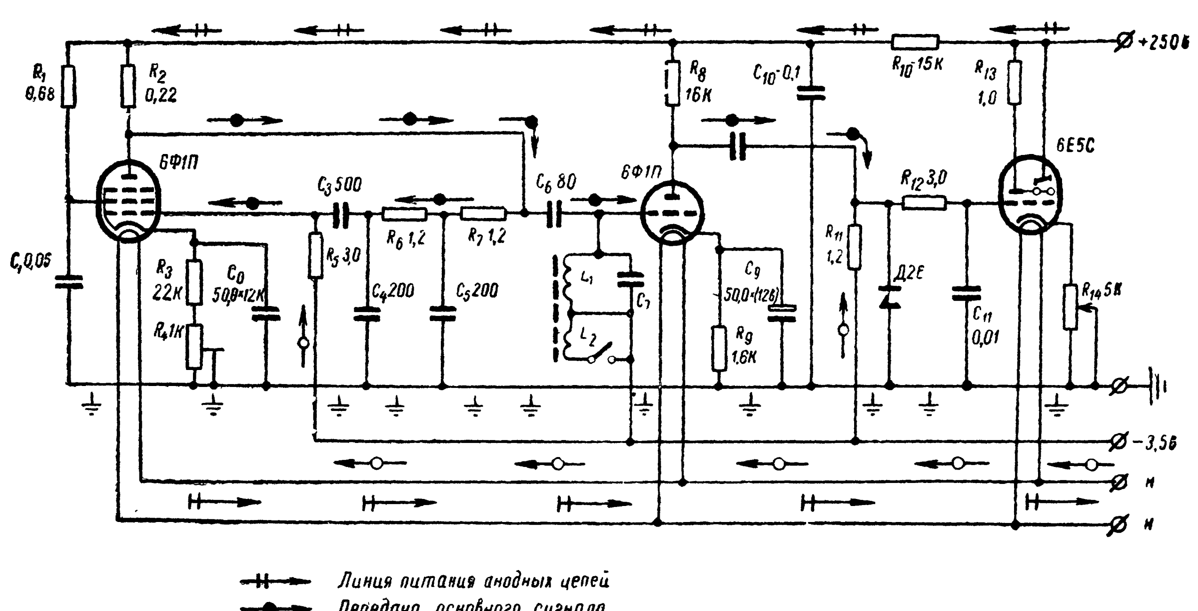
6. Если схема получается излишне узкой и длинной, то ее чертят в два или три «этажа», снося в нижние «этажи» отдельные независимые, но не столь важные узлы. Например, в приемниках в нижнем «этаже» часто размещают обозначения входных контуров, гетеродина с его цепями, электронно-светового индикатора настройки и связанных с ним деталей, выпрямителя.

7. В сложных схемах, например телевизионных приемников, имеется такое большое число обозначений, что разыскать их, читая описание, становится трудно. Обычно у каждого символа пишут его сокращенное название, состоящее из буквы, указывающей род детали, и порядкового номера детали. Установилась традиция указывать сопротивления буквой *R*, конденсаторы — *С*, индуктивности — *L*, лампы — *Л*, транзисторы — *Т*, трансформаторы — *Тр*, дроссели — *Др*, диоды — *Д*, телефоны — *Тл*, громкоговорители — *Гр*. Больше всего встречаются надписи *R*, *С* и *L*.

Помимо этих общих приемов, существует практика традиционного изображения многих мелких узлов схем. Следует обратить внимание на этот прием облегчения распознавания.

Возьмем, например, обычную цепочку деления напряжения. Она состоит из двух последовательно включенных сопротивлений. Ко всей цепочке подводят некоторое напряжение, а с части ее, обычно нижней, снимается нужная доля напряжения. Из трех схем этого узла, приведенных на стр 107, и одинаковых по электрическим соединениям, наиболее наглядной является последняя, и именно она давно уже стала традиционной. Все другие схемы только запутывают читающих их, и требуется некоторое усилие мысли, чтобы распознать в них обычный делитель напряжения.

Делители напряжения широко используют в схемах для питания, например, экранирующих сеток ламп. Конденсатор в этом узле ставят для того, чтобы обеспечить на сетке неизменное напряжение и замкнуть на землю цепь для переменной составляющей тока экранирующей сетки.



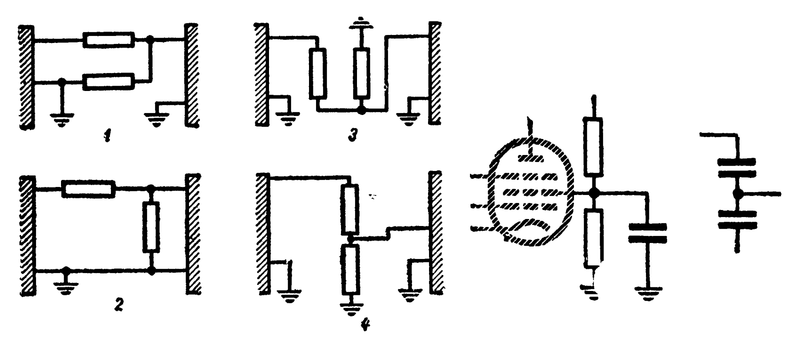
Линия питания анодных цепей

Передача основного сигнала

Цепи смещения

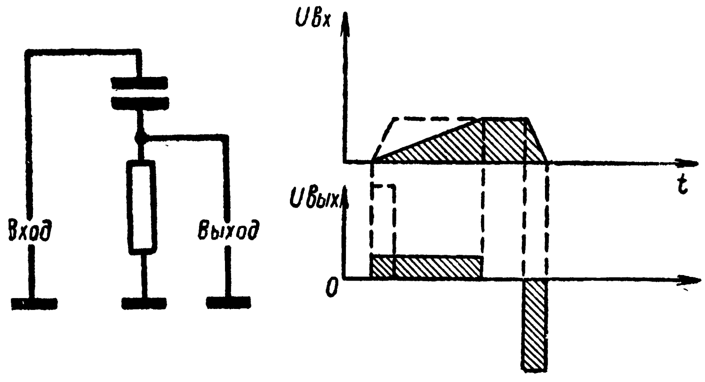
Цепи заземления

Цепи накала



Такое же деление переменного напряжения осуществляют емкостным делителем напряжения. Его рекомендуется показывать в виде двух последовательно соединенных конденсаторов и размещенных по одной вертикали.

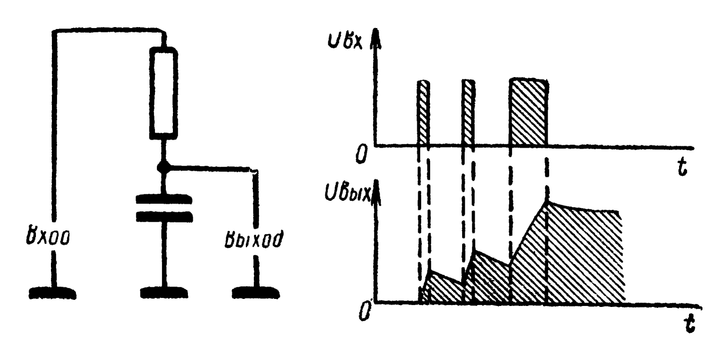
В импульсной технике широкое применение находят дифференцирующие и интегрирующие цепочки. Первые из них дают возможность получить на выходе напряжение, по форме представляющее собой дифференциал или производную по времени от входного напряжения. Если же не прибегать к понятиям высшей математики, то можно сказать иначе, что на выходе дифференцирующей цепочки напряжение тем больше, чем быстрее нарастает входное напряжение В этой цепочке, состоящей из последовательно соединенных конденсатора и сопротивления, используется явление заряда емкости. Если входное напряжение нарастает медленно, то заряд конденсатора осуществляется небольшим током; соответственно мало и напряжение на сопротивлении. При быстром нарастании (при крутом фронте) напряжения на входе выходное напряжение получается большим. Спадание напряжения на входе дает отрицательный импульс на выходе; постоянство входного напря-



жения не дает ничего на выходе, поскольку конденсатор не заряжается.

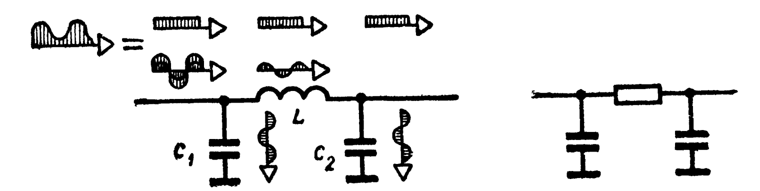
Традиционным для дифференцирующей цепочки является изображение ее элементов по вертикальной оси, как в делителе.

Аналогичным образом располагают изображение интегрирующей цепочки, которая на выходе дает напряжение, пропорциональное интегралу (а интеграл — это сумма) входного напряжения. Эта цепочка состоит тоже из емкости и сопротивления, но включенных иначе. Работа ее заключается в накапливании на емкости



зарядов, поступающих через сопротивление в периоды, когда на входе есть напряжение.

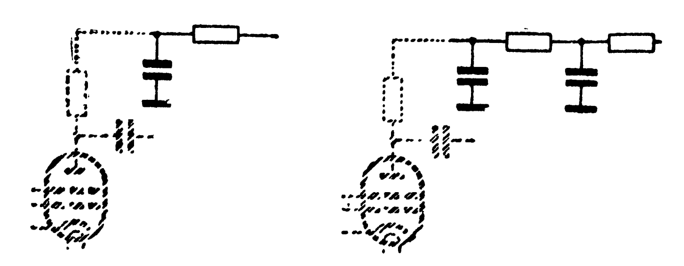
Широкое распространение имеют простейшие фильтры нижних и верхних частот Фильтр нижних частот имеет схему, типичный рисунок которой изображен здесь Если к этому фильтру подвести пульсирующее напряжение, состоящее из постоянной и переменной составляющих, то значительная часть переменной составляющей то-



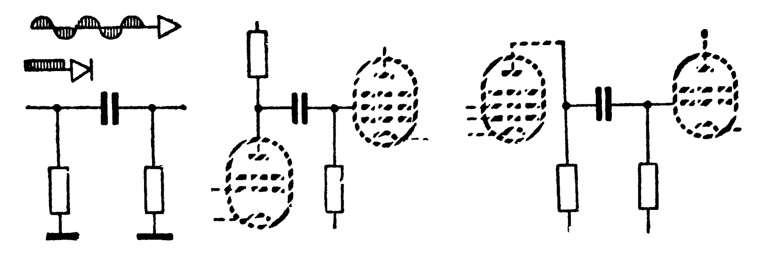
ка замкнется на землю через конденсатор C_1 поскольку дроссель L представляет для нее большое сопротивление. Небольшие пульсации тока после дросселя L все же будут наблюдаться, но второй конденсатор C_2 замкнет их. На выходе фильтра практически останется только постоянное напряжение. Правда, если L и C не очень велики, то через такой фильтр пройдут также токи самых низких частот. Во всяком случае он пропускает колебания нижних частот и срезает колебания более высоких. Подобные фильтры почти всегда включают на выходе выпрямителя.

Еще более широко в радиосхемах применяют упрощенное видоизменение этого фильтра, в котором дроссель заменен активным сопротивлением. Такой фильтр создает определенные потери и для токов пропускаемых частот (сказывается действие сопротивления R), но он намного удобнее и дешевле предыдущего. Подобные фильтры применяют в цепях питания отдельных ламп и транзисто-

ров, чтобы устранить влияние через источники питания одного каскада на другой. Эти фильтры часто называют фильтрами развязки или просто развязками Обычно символы конденсатора и сопротивления помещают на минимальном расстоянии друг от друга, чтобы они читались одним взглядом. Развязка иногда состоит из нескольких одинаковых звеньев.



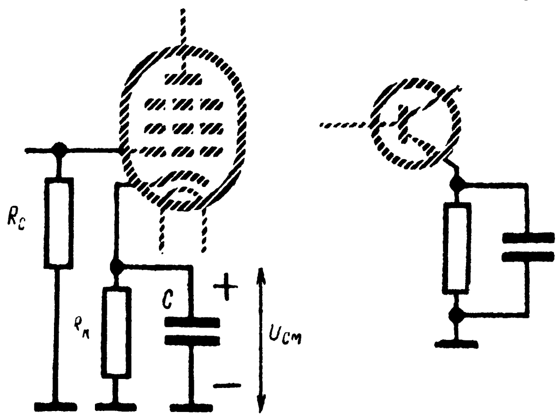
Разделение постоянной и переменной составляющих во многих схемах осуществляют простейшим фильтрсм верхних частот, составленным из двух сопротивлений и конденсатора. Конденсатор не пропускает на выход постоянную составляющую, но пропускает переменную составляющую и тем лучше, чем выше частота и больше емкость. В литературе конденсатор такого фильтра называют разделительным; он разделяет по постоянному току соседние уча-



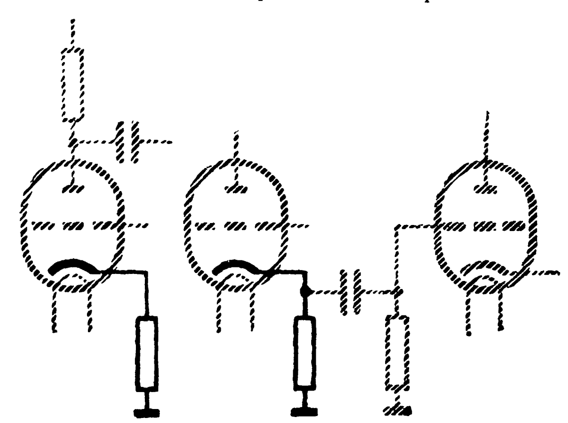
стки схемы. Подобные фильтры применяются в усилителях. Всякое воздействие на сетку лампы предыдущего каскада приводит к изменению ее анодного тока и падения напряжения на сопротивлении анодной нагрузки. Переменная составляющая этого напряжения через конденсатор попадает на сетку следующей лампы. Та же схема встречается и в ином начертании, если линия плюса анодного напряжения проложена в нижней части чертежа; в таком виде нагляднее выступает начертание фильтра верхних частот.

Характерным элементом большинства схем является цепочка для подачи автоматического смещения на сетку лампы или базу транзистора. Для нормальной работы, например, лампы 6П14П на управляющую сетку ее, помимо полезного сигнала, необходимо подать постоянное напряжение (смещение), равное 6 *в* относительно катода. Чаще всего это смещение получают как падение напряжения на сопротивлении $R_к$, включенном между катодом и землей. Постоянная составляющая катодного тока лампы на этом сопро-

тивлении создает падение напряжения, приложенное через сопротивление R_c минусом на сетку. Чтобы переменная составляющая тока не создавала на сопротивлении $R_к$ падения напряжения, т. е. чтобы смещение было постоянным, ставят большую емкость C, которая замыкает переменную составляющую тока. Такую же цепочку применяют для создания начального смещения на базе транзистора.

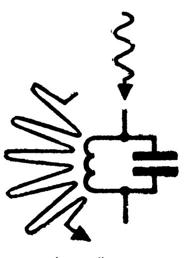


Однако не всякое сопротивление в цепи катода предназначено для автоматического смещения. Если такое сопротивление не зашунтировано достаточно большой емкостью, то оно может быть предназначено для создания отрицательной обратной связи. В дру-

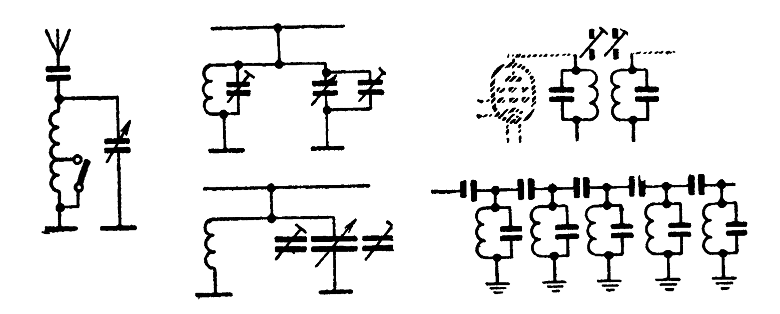


гих случаях оно может являться сопротивлением нагрузки катодного (или эмиттерного) повторителя, т е. усилителя, который, не усиливая напряжения, усиливает мощность и обладает рядом интересных отличий от обычных усилителей с сопротивлением нагрузки в цепи анода. О том, что это катодный повторитель, можно судить по тому, что на следующий каскад напряжение снимается с катодного сопротивления (с катода).

Из типовых узлов, которые должны опознаваться с одного взгляда, нельзя не упомянуть ряд комбинаций обозначений деталей, образующих колебательные контуры. Колебательный контур создают из параллельно включенных катушек и конденсатора. Катушка (в своем магнитном поле) и конденсатор (в своем электрическом поле) могут накапливать энергию В колебательном контуре под влиянием небольших внешних импульсов тока развиваются более мощные броски тока перекачивания энергии из катушки в конденсатор и обратно. Наиболее хорошо выражено это явление, когда частота внешних импульсов тока питания совпадает с собственной (резонансной) частотой контура. Способность резонировать, откликаться на определенную частоту, дает возможность использовать колебательные контуры для разделения колебаний различных частот. Поэтому, увидев в высокочастотной части схемы катушку, грамотный радиотехник всегда невольно ищет, нет ли связанного с нею конденсатора, не контур ли это. Символы деталей образующих контур, всегда стараются размещать рядом.

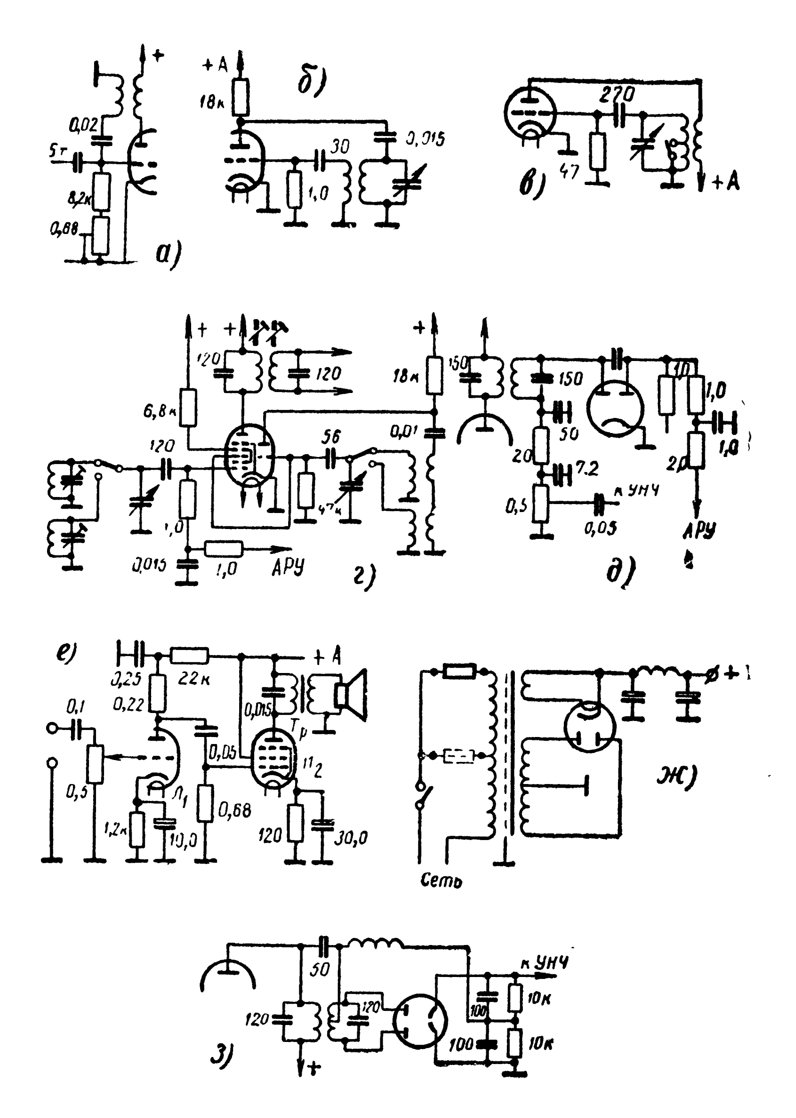


Но в колебательном контуре может быть включено несколько конденсаторов. Например, часто параллельно катушке или конденсатору включают маленький подстроечный конденсатор, позволяющий скорректировать неточность электрических параметров основных деталей. Все эти символы конденсаторов мысленно приходится читать, как один общий, если не требуется рассматривать контур детально.



Во многих радиотехнических устройствах, и в частности, в приемниках встречается комбинация из двух контуров, называемая полосовым фильтром (через него могут пройти колебания только определенной полосы частот). Эту систему тоже читают одним взглядом, фактически смотрят только на присоединения входных и выходных концов. Применяются также полосовые многоконтурные фильтры.

Типовые схемы, подобные рассмотренным, встречаются в большом количестве и «ассортимент» их у каждого, осваивающего электронику, накапливается постепенно и неуклонно. Не имея воз-



можности хотя бы даже поверхностно разобрать их действие, изобразим ряд подобных типовых узлов. На приведенном рисунке показаны: *а* — блокинг-генератор; *б* и *в* — генераторы синусоидального напряжения (гетеродины); *г* — смеситель с триод-гептодом; *д* — детекторный каскад приемника; *е* — усилитель низкой частоты; *ж* — выпрямитель; *з* — частотный детектор.

Цена 29 коп.